

Projecto de um adipómetro para avaliação do estado nutricional

Paulo Filipe Midões

Relatório do Projecto Final

Orientadores:

Prof. Manuel Rodrigues Quintas

Inv. Carlos Manuel Sousa Moreira da Silva



FEUP

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

Julho 2008

Resumo

O trabalho apresentado neste relatório trata do desenvolvimento do protótipo de um adipómetro. Os adipómetros ou lipocalibradores são aparelhos portáteis e de baixo custo destinados à medição de pregas para quantificar a gordura subcutânea e avaliar o estado nutricional dos indivíduos.

A avaliação da composição corporal através das medições de pregas é um processo ainda novo, onde se pressupõe que o corpo humano é composto por componentes de gordura e isentos de gordura.

Para a validação das pregas é necessário executar diversos procedimentos entre os quais a medição da espessura da prega que deverá ser realizada em três segundos, após a aplicação da pressão. Essa pressão tem de ser exercida de forma constante para toda a gama de medição e o valor da espessura deve ser retirado com erro inferior a 1 mm [1].

Os adipómetros existentes no mercado têm dificuldade em cumprir estes requisitos, abrindo uma oportunidade para o desenvolvimento de um aparelho novo capaz de colmatar essas desvantagens.

Assim desenvolveu-se um sistema de sensorização baseado num codificador incremental que em conjunto com um programa retira as medições das pregas e analisa o seu resultado.

Foi estudada uma solução mecânica que procura eliminar a variação de pressões encontrada nos aparelhos existentes.

Abstract

The work presented in this report deals with the development of a skinfold calliper prototype. The skinfold calliper is a portable and low cost measurement equipment that allows to quantifies subcutaneous fat and assesses the nutritional status of individuals from skinfold thickness measurement.

The assessment of body composition from skinfold thickness measurement is a still new process, where is assumed that the human body is composed of parts of fat and fat-free.

For the validation of skinfold measurement is necessary to follow different procedures: The measurement should be held in three seconds after the application of a certain pressure in the skinfold, the pressure should remain constant for the full range of all measurement and the value of the thickness should have an error lesser than 1 mm [1].

The existing callipers have difficulty in fulfilling these requirements, opening a chance for the development of a new device capable of overcoming these disadvantages.

Thus, a sensor system based on the use of an incremental an coder was developed, together with resident software computes and analyzes the result.

It was considered a mechanical solution that eliminates the variation of pressures found in existing devices.

Agradecimentos

Ao professor Manuel Rodrigues Quintas e ao Investigador Carlos Manuel Sousa Moreira da Silva, pela orientação, apoio e recursos disponibilizados.

Ao engenheiro Jorge Reis pela disponibilidade e simpatia demonstrada.

A todos os amigos, que de forma directa ou indirecta contribuíram para a elaboração deste trabalho o meu agradecimento.

Finalmente à Sofia, minha mulher, que sempre me apoiou e incentivou as minhas decisões.

Índice de conteúdos

Índice de conteúdos.....	ix
Índice de figuras.....	xi
1 . Introdução geral e objectivos.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Obesidade e gordura.....	2
1.2.1 Diferenças sexuais	3
1.3 Objectivos do projecto	3
1.4 Estrutura do relatório.....	4
2 . Estado da arte	5
2.1 Introdução	5
2.2 Métodos de medição da composição corporal.....	5
2.2.1 Método directo.....	6
2.2.2 Método indirecto.....	6
2.2.1.1 Pesagem Hidrostática	7
2.2.1.2 DEXA.....	8
2.2.3 Método duplamente indirecto	9
2.2.1.1 Impedância bioelétrica	10
2.2.1.2 Medição das pregas cutâneas.....	11
2.3 Conclusão	16
3 . Princípio de funcionamento	19
3.1 Introdução	19
3.2 Princípio de funcionamento do adipómetro	19
3.3 Estrutura mecânica	31
3.3.1 Análise de deformações das pinças.....	31
3.3.2 Análise de tensões das pinças	33
3.3.3 Análise das deformações no tambor	33
3.3.4 Análise de tensões do tambor	34
3.4 Conclusões	35

4 . Projecto Electrónico e programação	37
4.1 Introdução	37
4.2 Dispositivos Electrónicos.....	38
4.2.1 Microcontrolador.....	38
4.2.2 Solução para a sensorização	41
4.2.3 Sistema de alimentação	43
4.2.4 Circuito eléctrico do adipómetro e placa de circuito impresso	44
4.3 Programação	45
4.3.1 Compilador e placa de desenvolvimento.....	45
4.3.2 Programa desenvolvido	47
4.3.3 Alocação da informação dos pacientes	51
4.4 Conclusões.....	53
5 . Conclusão geral e Sugestões de Trabalhos Futuros	55
5.1 Conclusão geral	55
5.2 Sugestões para trabalhos futuros.....	55
6 . Referências Bibliográficas.....	57
Anexo A: Validação das pregas cutâneas	61
Anexo B: Programa do microcontrolador em C.....	65
Anexo C: Componentes electrónicos e mecânicos	89

Índice de figuras

Figura 1 -	Pesagem hidrostática	7
Figura 2 -	Máquina DEXA.....	8
Figura 3 -	Imagem dada pelo DEXA.....	9
Figura 4 -	Simulação da resistência do corpo.....	10
Figura 5 -	Localização das pregas	12
Figura 6 -	Modo de obter as pregas	14
Figura 7 -	Exemplo de uma marcação da prega cutânea tricipital.....	15
Figura 8 -	Tabela com as características dos Adipómetros existentes no mercado	16
Figura 9 -	Aspecto final do adipómetro.....	19
Figura 10 -	Vista explodida do adipómetro com os seus componentes.....	21
Figura 11 -	Mola de força constante e suas principais características	23
Figura 12 -	Curva tensão/deformação da mola.....	24
Figura 13 -	Corte e vista explodida dos conjuntos das molas.....	25
Figura 14 -	Pormenor da patilha.....	26
Figura 15 -	Estudo da cinemática	27
Figura 16 -	Corpo principal com os seus componentes	28
Figura 17 -	Conjunto gatilho/pinça inferior.....	29
Figura 18 -	Mecanismo de transmissão interna e elemento de medição	30
Figura 19 -	Punho.....	30
Figura 20 -	Esquema de uma solução alternativa de um movimento paralelo das esperas	31
Figura 21 -	Deformações da pinça	32
Figura 22 -	Análise de tensões da pinça	33
Figura 23 -	Deformações do tambor e das cintas	34
Figura 24 -	Análise de tensões do tambor e das cintas.....	34
Figura 25 -	Esquema dos terminais do PIC	39
Figura 26 -	Diagrama de blocos do clock no PIC18F2431	40
Figura 27 -	Diagrama de blocos do timer 0 a 16 bit.....	41
Figura 28 -	Esquema das secções da electrónica do adipómetro.....	43

Projecto de um adipómetro para avaliação do estado nutricional

Figura 29 -	Diagrama de blocos do sistema óptico do <i>encoder</i>	44
Figura 30 -	Esquema eléctrico do adipómetro	45
Figura 31 -	Software MikroC	46
Figura 32 -	Placa de desenvolvimento.....	46
Figura 33 -	Aspecto da placa com o circuito a implementar no adipómetro	47
Figura 34 -	Diagrama de blocos simplificado da estrutura principal do menu	47
Figura 35 -	Diagrama de blocos simplificado da medição de prega.....	49
Figura 36 -	Gráfico do erro de aproximação do seno	50
Figura 37 -	Gráfico do erro da aproximação da raiz quadrada	50
Figura 38 -	Gráfico do erro da aproximação da raiz quadrada na massa corporal para um paciente de 18 anos	51
Figura 39 -	Tabela de distribuição dos dados na memória	52

1 . Introdução geral e objectivos

1.1 Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o problema da obesidade é um dos grandes flagelos do século XXI, sendo já o maior desafio de saúde pública e, a nível mundial, a primeira causa de morte (17 milhões de pessoas por ano). Desde 1980, a sua difusão triplicou em muitos países da União Europeia, e o seu número continua a aumentar, principalmente nas camadas mais jovens.

As últimas projecções indicam que, em 2005, existirão aproximadamente 1.6 biliões de adultos (maiores de 15 anos) com excesso de peso e pelo menos 400 milhões de adultos obesos; em 2005 constatou-se que cerca de 20 milhões de crianças (menores de 5 anos) estavam com peso a mais. Estima-se que em 2015 aproximadamente 2.3 biliões de adultos estejam com excesso de peso e 700 milhões obesos. Em 2025, metade da população mundial será obesa, tanto nos países desenvolvidos como nos subdesenvolvidos (dados fornecidos pela OMS). Nos países com baixo rendimento, a obesidade atinge sobretudo mulheres de meia-idade. Nos países desenvolvidos a obesidade está espalhada por todas as faixas etárias e, além disso, está associada a classes mais desfavorecidas e àqueles que vivem em zonas urbanas.

Ainda segundo a OMS, a obesidade é já responsável por 2% a 8% dos custos de saúde e 20% a 23% de mortes na União Europeia.

A percentagem de gordura corporal é um dos melhores indicadores da evolução dos programas de nutrição e de exercícios. O controlo pelo peso pode ser enganador, isto é, se durante um período de tempo o paciente se exercitar e perder alguns quilos, não irá saber que tipo de massa se perdeu, gordura ou músculos. Se verificarmos a percentagem de gordura no início do exercício e ao fim de algum tempo, poderemos saber quanta gordura e quanto músculo se perdeu/ganhou.

1.2 Obesidade e gordura

Pode-se dividir o peso do corpo humano em massa magra e massa gorda. A massa magra é composta pelos músculos, ossos e órgãos; a massa gorda é composta pelos tecidos adiposos [2, 3].

A obesidade é, em termos gerais, considerada como um excesso de gordura no corpo. É o resultado do indesejado aumento de peso causado quando as pessoas consomem mais energia do que aquela que gastam. As pessoas obesas armazenam a maior parte da gordura no abdómen, e está associada a um aumento do risco no desenvolvimento de determinadas doenças.

As consequências para a saúde provocadas pela obesidade são muitas e variadas, passam por um incremento no risco de morte prematura a várias doenças não fatais, mas que podem deixar os doentes debilitados e com uma fraca qualidade de vida. A obesidade é um importante factor de risco para doenças como a diabetes, doenças cardiovasculares (doenças do coração, enfarte do miocárdio, hipertensão), cancro e, em muitos países industrializados, está associado a problemas psicossociais. A obesidade abdominal é um factor de risco adicional para doenças das coronárias, para homens de meia-idade, sendo mais importante que a obesidade global [4].

Ao contrário do que se pode pensar, o corpo humano necessita de ter um mínimo de gordura. Tal como o excesso, a sua falta oferece graves riscos para a saúde. O corpo necessita de uma quantidade mínima de gordura para a manutenção da sua homeostase (propriedade dos seres vivos de regular o seu ambiente interno de modo a manter uma condição estável).

A gordura desempenha funções importantes no organismo tais como:

- Fonte e reserva de energia (1g de gordura produz 9 kcal de energia);
- Isolante térmico;
- Protecção dos órgãos contra choques;
- Produção hormonal;

- Síntese de outras substâncias, ou melhorando o funcionamento destas (vitaminas lipossolúveis, lipoproteínas)¹;
- Funcionamento do sistema nervoso;
- Crescimento e maturação durante a adolescência.

Pessoas com baixas quantidades de gordura corporal, como por exemplo os atletas, e com distúrbios anorécticos sofrem de enfraquecimento dos ossos e alterações/interrupção da menstruação.

1.2.1 Diferenças sexuais

A quantidade de gordura reparte-se de maneira desigual entre os sexos. Enquanto, em média, a gordura corporal nos homens ronda os 14%, nas mulheres situa-se nos 22%. A distribuição da gordura também é diferente: nos homens encontra-se maior quantidade na região abdominal, na mulher localiza-se na anca e nos membros inferiores. É durante a puberdade que as diferenças se acentuam: no homem a gordura corporal tende a diminuir, devido ao aumento da testosterona circulante e na mulher esta gordura aumenta, tendo um papel importante na função reprodutora.

1.3 Objectivos do projecto

Este trabalho tem por objectivo o estudo de um protótipo para medição de pregas de gordura subcutânea, incluindo um sistema de leitura electrónica do deslocamento bem como a disponibilização dos dados de medição através de um *display*.

Os pressupostos para a execução do projecto são os seguintes:

- Sistema portátil e robusto;
- Recolha da informação automática;

¹Existem vitaminas que são somente solubilizadas pelas gorduras (vitaminas lipossolúveis) como as vitaminas A, D, E e K, o que significa que elas só são digeridas, absorvidas e transportadas em conjunto com a gordura.

Introdução geral e objectivos

- Visualização digital;
- Pressão constante nas maxilas, com valor de 10 gf/mm^2 , em toda a gama de abertura de garras;
- Abertura entre maxilas de 0 a 90 mm (Gama de medição 0-90 mm);
- Resolução melhor que 0,1 mm;
- Baixo custo.

1.4 Estrutura do relatório

Este relatório está estruturado em seis capítulos:

No segundo capítulo, intitulado “Estado da arte”, apresentam-se os principais métodos de avaliação do estado nutricional de um paciente, as suas características, vantagens e desvantagens.

No terceiro capítulo, designado por “Princípio de funcionamento”, são apresentados estudos de dimensionamentos computacionais da análise de tensões admissíveis pelo critério de *Von Mises* e o de deformações recorrendo ao Método de Elementos Finitos relativos ao adipómetro desenvolvido. Apresenta-se também os principais componentes constituintes do adipómetro, assim como o seu princípio de funcionamento, explicando em pormenor toda a cinemática envolvida no sistema.

Com o título de “Projecto electrónico e programação”, no capítulo quatro apresenta-se em detalhe os circuitos eléctricos inerentes à alimentação, ao microcontrolador e aos elementos de medição (*encoder*). É também apresentado neste capítulo uma descrição do programa desenvolvido e a distribuição da memória.

Por fim, as “Conclusões e Sugestões de Trabalhos Futuros” apresentadas no quinto capítulo, descrevem em resumo, todo o projecto e os principais resultados e conclusões obtidas. Neste capítulo são ainda apresentadas as sugestões e soluções para trabalhos futuros.

São ainda apresentadas, no presente relatório, as referencias bibliográficas utilizadas e em anexos apresenta-se o programa desenvolvido e implementado no microcontrolador, recorrendo para tal ao *software* MicroC.

2 . Estado da arte

2.1 Introdução

Com o objectivo de apresentar uma solução melhor que os equipamentos existentes no mercado, foi feita uma recolha e apreciação das características mais relevantes dos aparelhos já existentes.

Neste capítulo irá ser apresentada uma análise dos equipamentos mais importantes para a medição da composição corporal de massa gorda.

2.2 Métodos de medição da composição corporal

O método para determinar a composição corporal deve ser, de preferência, não evasiva para o paciente, de baixo custo, portátil, preciso e estar normalizado. Estas características permitem, entre outras coisas, organizar bases de dados numa única linguagem metodológica. Faz-se de seguida, uma apresentação dos três métodos distintos na medição da composição corporal:

- Método directo;
- Método indirecto;
- Método duplamente indirecto;

Segue-se uma breve descrição dos vários métodos existentes e dos aparelhos mais utilizados para a medição da composição corporal.

2.2.1 Método directo

Desde o início do estudo do corpo humano, e até ao início do século XX, que este método é feito através de dissecação de cadáveres. As óbvias consequências éticas impossibilitam a sua prática em pacientes vivos, podendo só ser realizados em cadáveres humanos.

Em 1979 foram realizados estudos de composição de cadáveres humanos, por investigadores Belgas e Canadianos. As leis Belgas permitiam que os seus cidadãos doassem os seus corpos, com fins científicos, às universidades. Foi assim que se procederam a estes estudos com 3 objectivos concretos:

- Ampliar a reduzida base de dados sobre a composição corporal;
- Submeter os modelos actuais de cálculo da composição corporal a uma validação directa;
- Gerar novos modelos de composição corporal a partir dos dados deste estudo.

Este estudo, utilizando o método directo, durava três dias por cadáver: no primeiro dia o cadáver era marcado e medido antropometricamente, de seguida era pesado hidrosticamente e fotografado com raios X; no segundo dia, durante 10 a 14 horas, tinha lugar a dissecação anatómica do cadáver, onde eram separados em tecidos cutâneos, adiposos, musculares, órgãos, vísceras e ossos; no terceiro dia estes tecidos eram pesados em “terra” e hidrosticamente para determinar a sua densidade.

A partir dos dados retirados neste estudo, foram geradas novas equações para estimar a composição corporal. Estas equações calculam-se a partir de variáveis antropométricas: perímetros, diâmetros, longitudes e pregas.

Como conclusão pode-se afirmar que este método é um excelente procedimento para a validação de outros métodos não evasivos.

2.2.2 Método indirecto

Dentro deste grupo podemos encontrar vários métodos que servem de referência para a medição da composição corporal, sendo os principais a pesagem hidrostática e a

absortometria de raios X de dupla energia (DEXA – Dual Energy X-ray Absorptiometry). Em seguida faz-se uma análise destes dois métodos.

2.1.1.1 *Pesagem Hidrostática*

A pesagem Hidrostática é um método indirecto e não invasivo, que estima a composição corporal através da densidade corporal (densitometria). Com efeito, a densidade do corpo humano (D_c) é equivalente à razão da sua massa com o volume [5]. Em termos gerais, baseia-se no princípio de Arquimedes, segundo o qual quando um corpo é imergido num fluido em repouso sofre, por parte do mesmo, uma força vertical, para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo. Na figura 1 pode-se ver o exemplo dum paciente a realizar este teste.

A precisão do método depende grandemente da capacidade do paciente em expirar todo o ar que tem nos pulmões.



Figura 1 - Pesagem hidrostática

A estimativa da percentagem de gordura através da densidade tem os seguintes pressupostos segundo Brozek (1963) e Siri (1971):

- A massa específica da gordura é de $0,901 \text{ g/cm}^3$;
- A massa específica livre de gordura é de $1,10 \text{ g/cm}^3$;
- A massa específica de gordura, bem como dos componentes da massa livre de gordura é a mesma para todos os indivíduos;

- Os indivíduos avaliados diferem do corpo de referência apenas na quantidade de gordura.

As equações desenvolvidas por Siri (eq. 2.1) e Brozek (eq. 2.2) que podem ser utilizadas para transformar a Dc em percentagem de gordura (G) são as seguintes:

$$\%G = (495/Dc) - 450 \quad (2.1)$$

$$\%G = (475/Dc) - 414,2 \quad (2.2)$$

Este método tem como vantagem uma consistência de resultados em medições repetidas, podendo ser usado para medir a evolução do paciente. Requer, no entanto, uma grande quantidade de equipamento e espaço para a sua execução; é ainda um teste demorado e exige um técnico com conhecimentos aprofundados para a realização e interpretação dos dados

2.1.1.2 DEXA

DEXA, absorptometria de raios X de dupla energia, é um método baseado num modelo de três componentes da composição corporal (ossos, massa livre de gordura e massa de tecidos gordos), em vez dos dois que normalmente são usados nos outros métodos. DEXA pode medir a composição corporal de partes, bem como a totalidade do corpo.

Na figura 2 pode-se observar, em representação, a máquina DEXA e o seu movimento de eixos para rastrear o paciente.

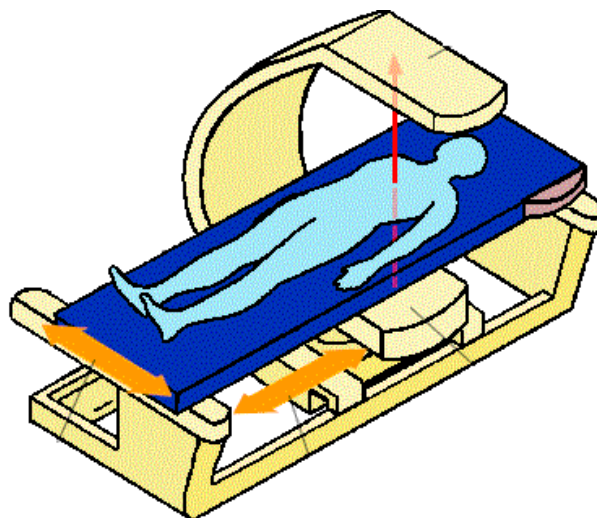


Figura 2 - Máquina DEXA

Este método utiliza raios X, com diferentes níveis de energias, para apresentar uma visão do corpo humano onde se pode distinguir ossos, gordura e tecidos não gordos, pois a atenuação da penetração da radiação é função da proporção da gordura e dos tecidos magros [6]. A figura 3 representa essas imagens onde se pode observar claramente as três componentes de composição corporal; da esquerda para a direita e com uma cor mais clara, a massa gorda, a massa magra e a massa total.

O método DEXA, tem sido proposto como critério para validação de outros métodos de avaliação da composição corporal em idosos (Kohrt, 1998). No entanto, são poucos os estudos onde as medidas de multi-componentes podem ser utilizadas, devido ao custo do equipamento, a exposição dos pacientes à radiação e a necessidade de o operador ser especializado em radiologia.

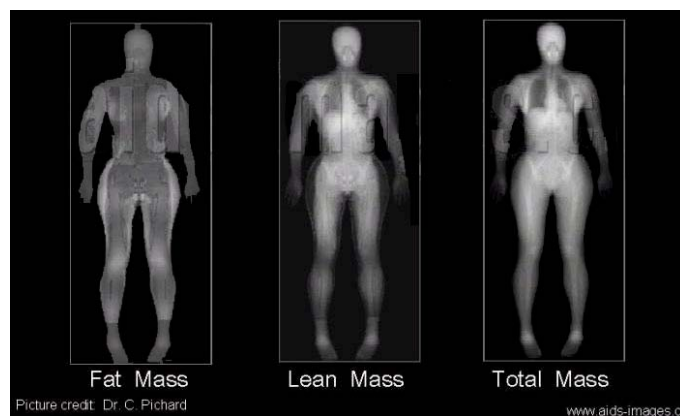


Figura 3 - Imagem dada pelo DEXA

2.2.3 Método duplamente indirecto

O princípio de funcionamento deste método é baseado na medição de indicadores corporais. Neste grupo existe uma grande gama de equipamentos distintos. São normalmente os mais acessíveis, logo são os mais utilizados quando se quer ter uma medição da percentagem de gordura.

A impedância bioelétrica (bioimpedância) e a medição das pregas cutâneas são os mais conhecidos e utilizados.

2.1.1.1 *Impedância bioeléctrica*

A bioimpedância baseia-se na análise da estimativa da composição corporal através da condutibilidade e da resistência introduzida pelos diversos tecidos corporais a variações da frequência da corrente eléctrica. Tecidos que contenham mais água, tais como sangue ou músculos, são altos condutores eléctricos; contudo a gordura, os ossos e o ar que preenche os espaços do corpo (pulmões) são de alta resistência à corrente eléctrica.

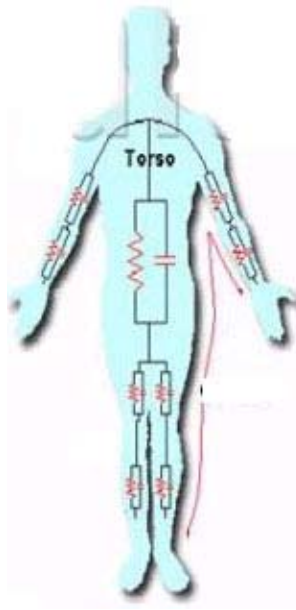


Figura 4 - Simulação da resistência do corpo

O método consiste na passagem de uma corrente eléctrica alternada, com frequência de 50 kHz e de baixa intensidade (500 a 800 μA) através do corpo do paciente.

Os pressupostos para a realização deste teste são os seguintes:

- O formato do corpo humano assemelha-se a um cilindro com comprimentos e áreas de secção transversal uniformes;
- Quando uma corrente eléctrica passa através do corpo (Figura 4), a diferença de tensão entre os dois eléctrodos é proporcional ao volume de fluido corporal naquela região;
- O fluxo de corrente através do corpo é directamente proporcional ao comprimento do condutor e inversamente proporcional à sua secção transversal.

Os requisitos, referentes ao paciente, para a realização deste teste são os seguintes:

- Manter o jejum pelo menos nas 4 horas que antecedem o teste;
- Não realizar actividades físicas extenuantes nas 24 horas anteriores;
- Urinar pelo menos 30 min antes do teste;
- Não ingerir bebidas alcoólicas nas 48 horas que antecedem o teste;
- Não utilizar medicamentos diuréticos nos 7 dias anteriores;
- Permanecer, pelo menos, 5 a 10 minutos deitado em decúbito dorsal, em total repouso antes da execução do teste.

Este método requer pouco ou nenhum conhecimento técnico do operador, é confortável e não evasivo, mas tem como desvantagem ser altamente influenciado pelo estado de hidratação do paciente e de ser um método mais dispendioso do que as outras técnicas duplamente indirectas.

2.1.1.2 Medição das pregas cutâneas

Foi por volta de 1930 que um compasso para medição de espessuras foi utilizado na avaliação da gordura subcutânea em alguns locais do corpo, desde essa altura houve uma grande evolução neste procedimento.

A medição das pregas cutâneas é uma das técnicas que está dentro da ciência antropométrica (ANTRO= Homem, METRIA= medida). Podemos definir a antropometria como a ciência que estuda e avalia as dimensões do corpo humano como o volume, os comprimentos longitudinais e transversais, proporcionalidade, simetria e equilíbrio dos segmentos corporais.

Este método é o mais amplamente utilizado na medição da quantidade de gordura. O equipamento utilizado para esta avaliação é o chamado adipómetro ou lipocalibrador. Estes aparelhos são projectados especificamente para medição, de um modo simples, do tecido

subcutâneo. São portáteis e permitem fazer um acompanhamento e avaliação dos locais do corpo em que existe um aumento/diminuição de gordura subcutânea, importante para prevenir que a distribuição da gordura seja desproporcionada.

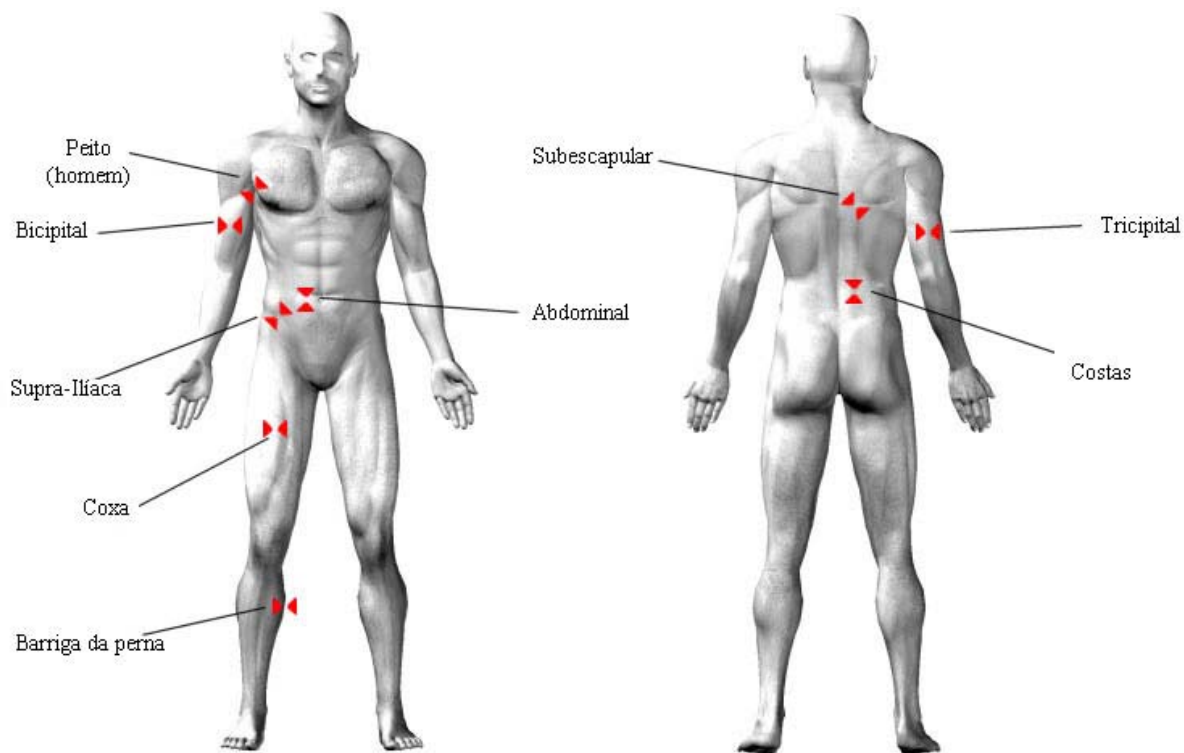


Figura 5 - Localização das pregas

O método de medição através das pregas cutâneas tem como princípio básico a proporcionalidade estabelecida entre a quantidade de gordura subcutânea e a quantidade total de gordura corporal, havendo variação de acordo com a idade, o sexo e a raça.

A medição das pregas é feita em diversos locais e sempre do lado direito do corpo, como se pode observar na figura 5 [7-8]. O somatório das pregas é introduzido em equações de regressão onde é transformado em percentagem de gordura. Existem centenas de equações que convertem a espessura da prega numa percentagem de gordura corporal, assim o ideal é escolher-se as que representem melhor o universo populacional a estudar.

De seguida apresenta-se as equações utilizadas na execução deste trabalho.

- **Equação de Lohman** [9]:

$$DC = [1,0973 - (\sum Pregas) \times 0,000815] + (\sum Pregas)^2 \times 0,00000084;$$

$$\sum Pregas = \text{Tríceps} + \text{Subscapular} + \text{Abdominal} \quad (\text{equ. 2.3})$$

- **Equação de Jackson, A.S. & Pollock** [10]:

$$DC = 1,10938 - (0,0008267 \times (\sum Pregas)) + (0,0000016 \times \sqrt{(\sum Pregas)}) - 0,0002574 \times \text{Idade}$$

$$\sum Pregas = \text{Torácica} + \text{Abdominal} + \text{Coxa Medial} \quad (\text{equ. 2.4})$$

- **Equação Slaughter, Lohman, Boileau** [11]:

$$DC = (\sum Pregas) \times 1,33 - (\sum Pregas)^2 \times 0,013 - 2,50;$$

$$\sum Pregas = \text{Tríceps} + \text{Subscapular} \quad (\text{equ. 2.5})$$

- **Equação Jackson, et al.** [12]

$$DC = 1,0994921 - 0,0009929 (\sum Pregas) + 0,0000023 (\sum Pregas)^2 - 0,0001392 \times \text{Idade};$$

$$\sum Pregas = \text{Tríceps} + \text{Supra-Iliaca} + \text{coxa} \quad (\text{equ. 2.5})$$

- **Equação de Siri** [13]:

$$PF = (495 / BC) - 450. \quad (\text{equ. 2.6})$$

Nestas equações DC representa densidade corporal e PF a percentagem de gordura.

Foram seleccionadas duas equações para o sexo masculino (2.3 e 2.4) e duas para o sexo feminino (2.5 e 2.6), para idades compreendidas entre 8 e os 18 anos, tanto para masculino como para feminino, e 18 a 61 anos para o sexo masculino e 18 a 55 anos para o feminino. A equação de Siri (2.7) calcula a percentagem de massa gorda através da densidade corporal.

Todas as equações utilizadas foram desenvolvidas para a etnia branca e população Europeia.

É de grande importância que as pregas sejam apenas constituídas por pele e pelo tecido adiposo, que está por debaixo da pele, não podendo conter nenhuma concentração de

músculo. A figura 6 procura ilustrar o modo de obtenção das pregas. As maxilas do adipómetro são encostadas à prega aplicando uma força constante, independentemente da sua espessura. A leitura dessa espessura é feita nos três segundos após a aplicação total da pressão (10 gf/mm^2).



Figura 6 - Modo de obter as pregas

Como o tecido adiposo tem um comportamento elástico, a medição tem de ser cuidadosa e precisa, sendo necessário haver um segundo operador para recolher os dados [14].

A precisão deste método é afectada pelo modo como o operador realiza o teste e pelo tipo de adipómetros utilizados. É importante que se sigam orientações e procedimentos de testes padronizados aquando na obtenção das pregas. De seguida passa-se a descrever estes procedimentos [15]:

- Realizar todas as medições sempre na metade direita do corpo;
- Identificar, medir e marcar o local da dobra cutânea;
- Fazer a separação do tecido adiposo e do tecido muscular;
- Segurar firmemente a dobra cutânea entre o polegar e o indicador da mão esquerda sendo a dobra levantada 1 cm acima do local a medir (figura 7);
- Levantar a prega, colocando o polegar e o indicador a uma distância de 8 cm, numa linha perpendicular ao eixo longitudinal da prega. Para pacientes com dobras cutâneas extremamente grandes, o polegar e o indicador deverão ser separados em mais de 8 cm afim de levantar a prega;
- Colocar as pinças do adipómetro na perpendicular em relação à prega cerca de 1 cm debaixo do polegar e do indicador e libertar a pressão, das pinças, lentamente;
- Manter a prega pressionada enquanto é executada a medida;

- Depois de ser iniciada a pressão tirar a leitura após 3 s;
- Realizar pelo menos duas medições em cada local. Caso haja variações entre si em mais de 10% realizar uma medição adicional;
- Retirar as medições de forma rotativa, em vez de leituras consecutivas em cada local;
- Fazer as medições com a pele do paciente seca, livre de cremes;
- Não fazer medições imediatamente após actividades físicas para evitar a transpiração da pele.

No anexo A apresenta-se, em mais pormenor, o método para retirar o valor das pregas.

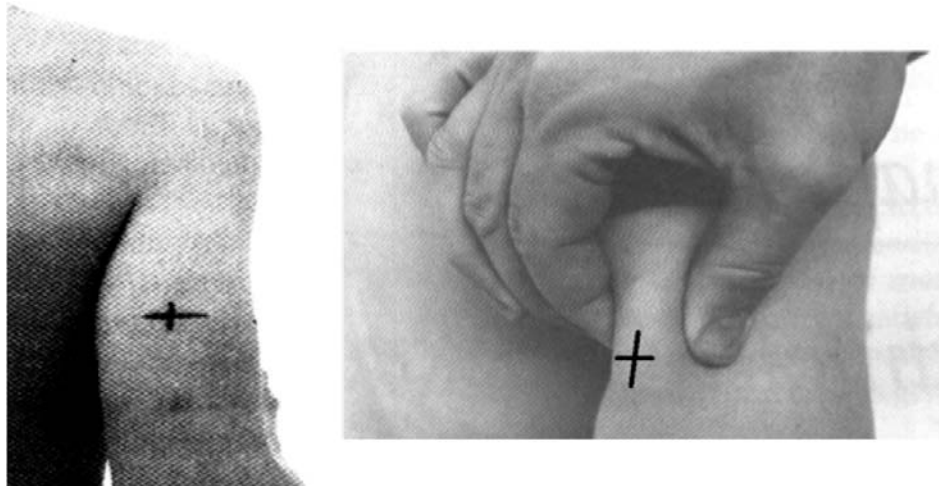


Figura 7 - Exemplo de uma marcação da prega cutânea tricipital

Na figura 8, apresentam-se alguns equipamentos de medição existentes no mercado, com as suas características mais importantes. Verifica-se que a gama de medição vai de 50 mm a 80 mm; a resolução dos aparelhos mais utilizados situa-se nos 0,2 mm; a pressão exercida nas pregas é de 10 gf/mm² pois as fórmulas de regressão assim obrigam; os materiais utilizados nos aparelhos podem ser de variado tipo, desde que se adequam ao meio hospitalar; o peso é limitado em vista da condição de portabilidade; o preço varia em função da resolução pretendida.

É de salientar que o adipómetro Harpenden é a referência do mercado tendo sido validado em muitos estudos científicos [16, 17]. Este adipómetro foi alvo de melhorias no seio da SAIC

(Secção de Automação Instrumentação e Controlo do departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial da FEUP, UP)






		Equipamento				
		Harpندن	Skyndex	Lange	Sanny	Slim Guide
						
Características	Gama de medição	0-80 mm	0-50 mm	0-60 mm	0-78 mm	0-80 mm
	Resolução	0,2 mm	0,2 mm	0,1 mm	0,1 mm	1 mm
	Erro max. admissível	±0,4 mm	±0,5 mm	±1mm	±0,5 mm	±0,5 mm
	Pressão	10 gf/mm ²	-	10 gf/mm ²	10 gf/mm ²	10 gf/mm ²
	Tipo de leitura	Analógica	Digital	Analógica	Analógica	Analógica
	Material	Metal	Plástico	Metal	Plástico	Plástico
	Peso	475 gf	450 gf	205 gf	296 gf	455 gf
	Custo	700 €	550 €	280 €	265 €	15 €

Figura 8 - Tabela com as características dos Adipómetros existentes no mercado

2.3 Conclusão

Existem diversos métodos para a avaliação do estado nutricional. Dentro dos métodos estudados, o DEXA é o que nos dá uma informação mais real e mais precisa da distribuição de gordura no corpo humano. Através da visualização das imagens recolhidas por este método, podemos localizar ao pormenor onde existem maiores concentrações de gordura. No entanto, os métodos indirectos são substancialmente mais caros e exigem um maior investimento em equipamento e pessoal, sendo por isso pouco utilizados.

Tendo como referência as medições executadas pelo DEXA, foram desenvolvidos métodos duplamente indirectos, que combatem as desvantagens dos métodos anteriores.

A medição das pregas cutâneas é sem dúvida o método que tem uma relação precisão/preço mais elevada e exige pouca experiência dos operadores.

Existe uma grande variedade de adipómetros para medir as pregas cutâneas. Estes aparelhos estimam diferentes valores de pregas. O adipómetro Harpenden é no entanto, o mais utilizado a nível experimental, pois dá-nos valores consistentes ao longo das várias medições.

3 . Princípio de funcionamento

3.1 Introdução

Neste capítulo apresenta-se o modo de funcionamento do adipómetro desenvolvido e uma breve descrição dos elementos do projecto mecânico que o constituem. Apresenta-se o estudo/dimensionamento computacional da análise de tensões admissíveis pelo critério de *Von Mises* e o de deformações recorrendo ao Método de Elementos Finitos tendo como suporte a aplicação *CosmoWorks* integrada no *software SolidWorks*. Este estudo foi feito para os componentes que sofrem maiores solicitações, como são as pinças e o tambor solidário com o gatilho.

3.2 Princípio de funcionamento do adipómetro

O objectivo principal deste trabalho é o de desenvolver um protótipo de um adipómetro, onde se pôs em prática diversas ideias que procuram solucionar algumas desvantagens que os aparelhos existentes no mercado evidenciam, tais como a pressão nas esperas (14) não ser constante, visualização analógica, erros admissíveis de medição, etc.

A figura 9 apresenta o aspecto do aparelho e na figura 10 apresenta-se o adipómetro em vista explodida para se visualizar todos os elementos principais.

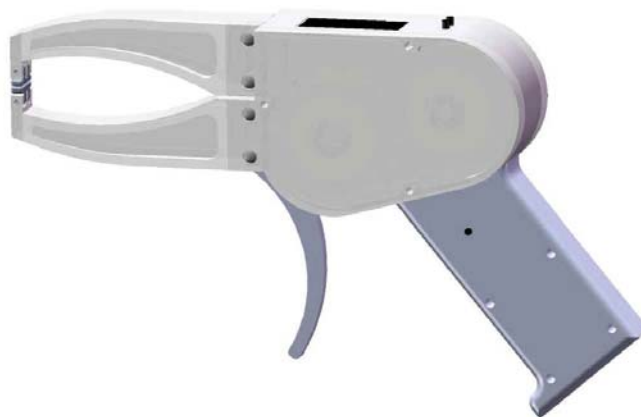


Figura 9 - Aspecto final do adipómetro

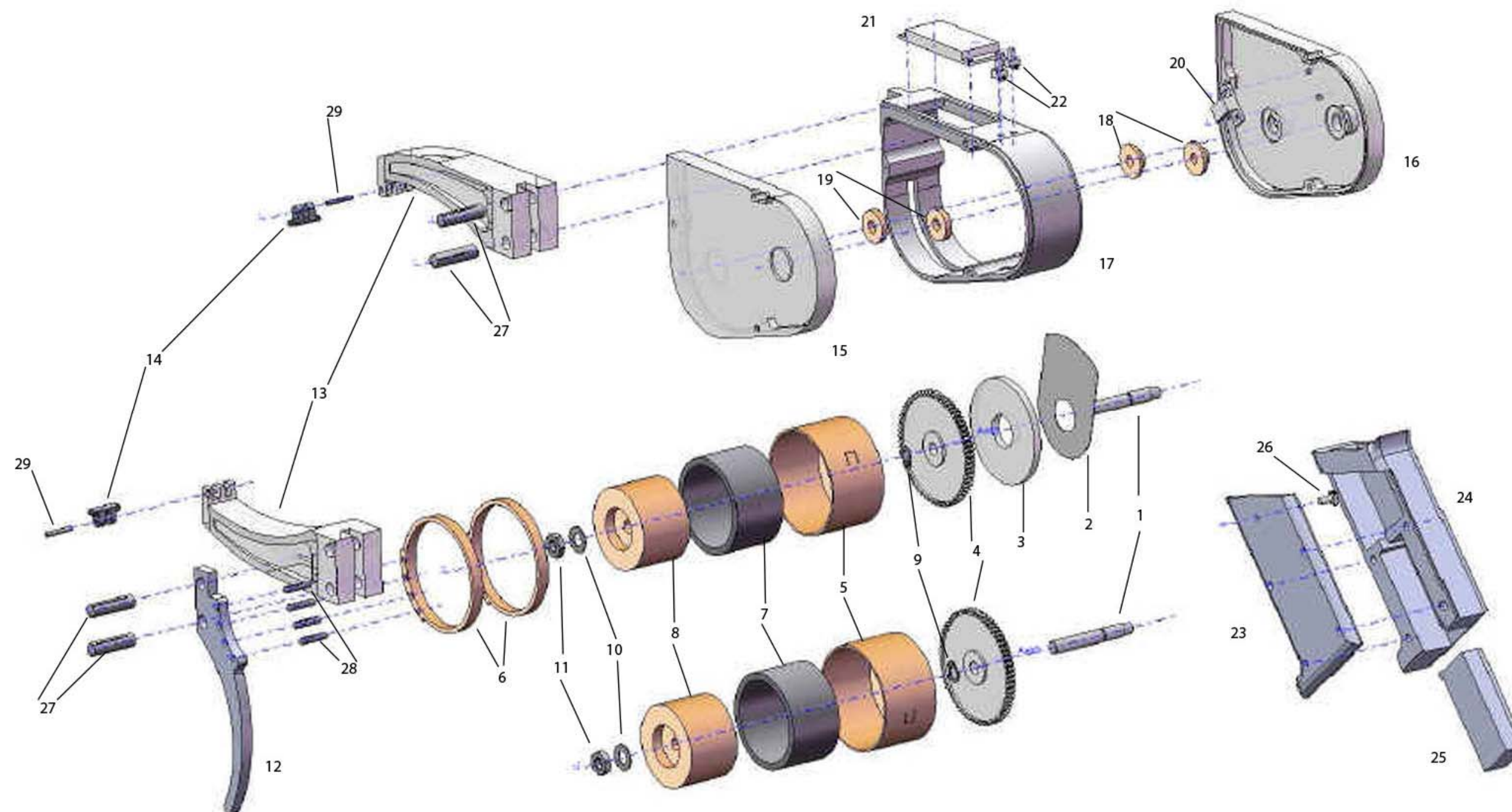


Figura 10 - Vista explodida do adipómetro com os seus componentes

1- Veios	5- Tambores	9- Anéis elásticos de veio	13- Pinças	17- Corpo	21- LCD	25- Bateria	29- Pinos elásticos M2
2- Encoder	6- Cintas	10- Anilhas elásticas	14- Esperas	18- Insert roscado	22- Botões de navegação	26- Botão iniciar contagem	
3- Enchimento da engrenagem	7- Molas	11- Porcas hexagonais	15- Tampa frontal	19- Insert	23- Tampa punho	27- Pinos M6	
4- Rodas dentadas	8- Núcleos	12- Gatilho	16- Tampa traseira	20- Copulador óptico	24- Punho	28- Pinos M3	

Como foi referido nos capítulos anteriores, um requisito essencial na medição das pregas cutâneas é o de exercer uma pressão constante, independentemente do tamanho da prega (abertura das pinças). A utilização de um sistema passivo, empregando molas, é certamente aquele que culminará numa solução mais económica. Todos os adipómetros comercializados e apresentados no capítulo anterior empregam molas helicoidais.

O adipómetro de referência Harpenden, recorre, para o efeito, a duas molas de tracção. Embora seja considerado como referência na avaliação da espessura da prega verificou-se, em exames de laboratório no SAIC, uma variação de 20% na força exercida ao nível das pregas. A variação da geometria aliada à variação da força por extensão da mola, leva a que o binário de aperto varie e, conseqüentemente, a força de aperto não seja constante. Para obviar este problema recorreu-se a molas em espiral de força quase constante, que impõem uma pressão de aperto nas esperas praticamente constante. Na figura 11 apresenta-se o aspecto da mola aplicada e as suas principais características.



Espessura t (mm)	Largura W (mm)	Comprimento Lo (mm)	Extensão inicial Ix (mm)	Carga P (N)	Diâmetro interior D0 (mm)
0,36	25,4	1092	54,36	31,14	38,23

Figura 11 - Mola de força constante e suas principais características

O modo de funcionamento deste tipo de molas tem como curva característica a apresentada na figura 12. Nesta pode-se reparar que para a mola trabalhar em regime “quase”

Princípio de funcionamento

linear, é necessário que lhe seja imposta uma extensão inicial na mola escolhida, sendo esse valor de 54 mm para o nosso caso. Assim, aquando da montagem da mola, antes de a fixar ao eixo e depois de a ter prendido ao tambor, roda-se o conjunto mola/tambor em cerca de meia volta. Esta rotação garante uma extensão inicial na mola em cerca de 73 mm, garantindo desta forma que a mola trabalhe na zona de força quase-constante.

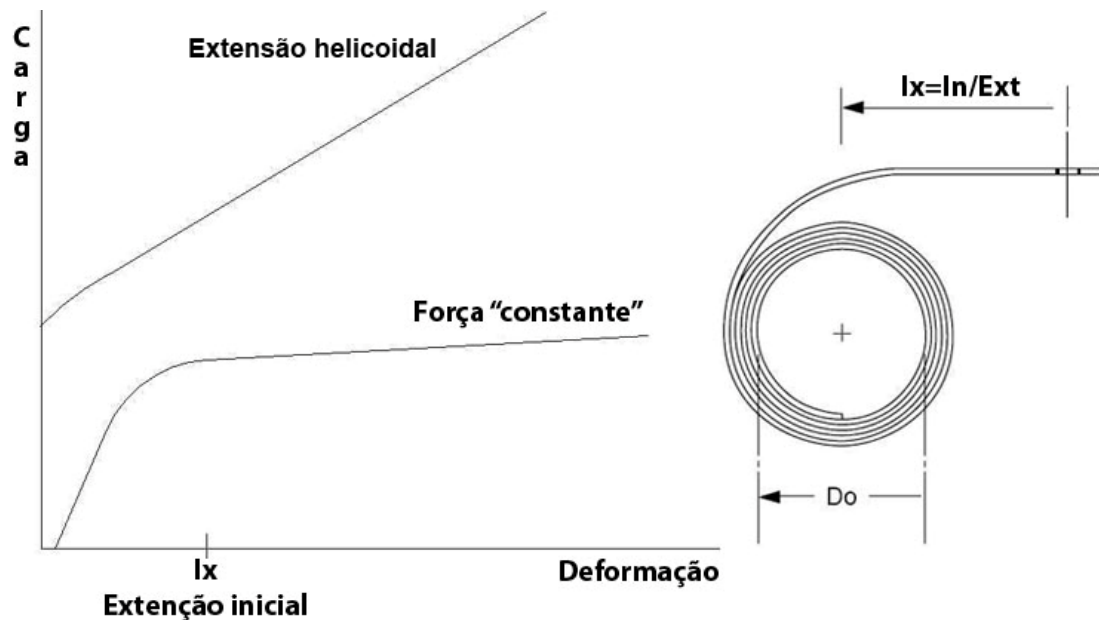


Figura 12 - Curva tensão/deformação da mola

Na impossibilidade de encontrar uma destas molas que satisfizesse a pressão necessária (pressão nas esperas de 10 gf/mm^2) recorreu-se a duas molas em espiral montadas em paralelo.

A utilização de uma transmissão por engrenagens fazendo a ligação entre as molas, permite que o momento resultante seja o somatório dos momentos exercidos por cada mola. Por outro lado, o facto de ambas as rodas dentadas estarem sujeitas a um binário, que actua sempre no mesmo sentido, elimina qualquer efeito de *backlash* no engrenamento.

Afim de se elucidar todo o mecanismo envolvido no sistema de transmissão do binário, apresenta-se na figura 13, em corte e em vista explodida todas as peças intervenientes com maior pormenor.

Pode-se dividir este sistema em dois conjuntos. O primeiro baseia-se num eixo fixo (1), que está solidário com o interior da mola (7) através de um núcleo interior (8) também fixo. Esta ligação é feita por abraçamento da mola, aquando da montagem. O segundo conjunto é

formado por elementos móveis que rodam em torno do eixo fixo e são ligados ao “gatilho” por duas cintas (6) e à mola por uma patilha estampada na face lateral do tambor (5). Por sua vez este tambor é solidário com a roda dentada (4) a qual vai fazer a transmissão do movimento à segunda mola.

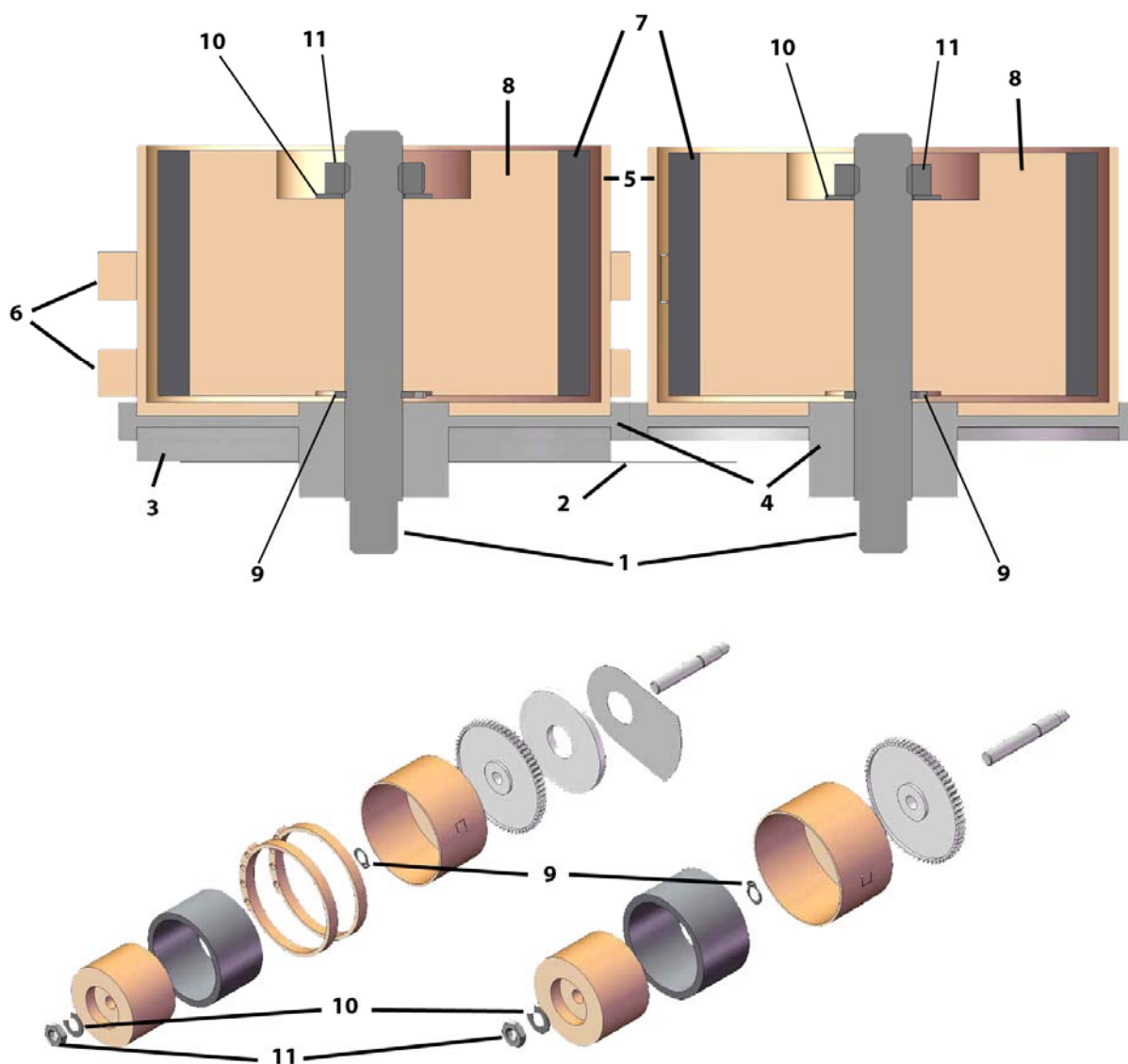


Figura 13 - Corte e vista explodida dos conjuntos das molas

Legenda:

1- Veios	5- Tambores	9- Anéis elásticos de veio
2- <i>Encoder</i>	6- Cintas	10- Anilhas elásticas
3- Enchimento da roda dentada	7- Molas	11- Porcas hexagonais
4- Rodas dentadas	8- Núcleos	

Princípio de funcionamento

O tamanho do corpo do adipómetro vai ser imposto pelas dimensões das molas, tanto na sua altura como no diâmetro. De facto, os 25,4 mm da altura das molas, juntamente com as rodas dentadas e com os *inserts* de apoio aos veios, provocam um alargamento de todo o conjunto do aparelho. Para não aumentar exageradamente a largura do adipómetro, foram embutidos *inserts* (18 e 19) nas faces das tampas, traseira e frontal, durante a injeção das mesmas, pois elas são executadas em ABS PC por injeção.

O enchimento da roda dentada (3) serve para posicionar o disco do *encoder* relativamente à segunda roda dentada, e para centrá-lo em relação à cabeça de leitura (elemento de medição de deslocamento). Este enchimento é realizado em nylon visto não ter qualquer exigência estrutural.

Os veios são fixos à tampa traseira através de rosca, e simplesmente posicionados pela tampa frontal. Os núcleos são fixos aos veios através de um anel elástico, na parte inferior, e por uma porca hexagonal (11) e um anel elástico (10). As porcas poderão ser desapertadas para se fazer uma calibração fina das molas.

A roda dentada é de dentes rectos construída num termoplástico (Duracon) com uma tensão de rotura de 94 N/mm^2 , os veios são de aço ao carbono, o tambor de latão sendo a patilha (figura 14) estampada na parede, ainda em fita, só sendo depois dada a curvatura cilíndrica e brasada à base.

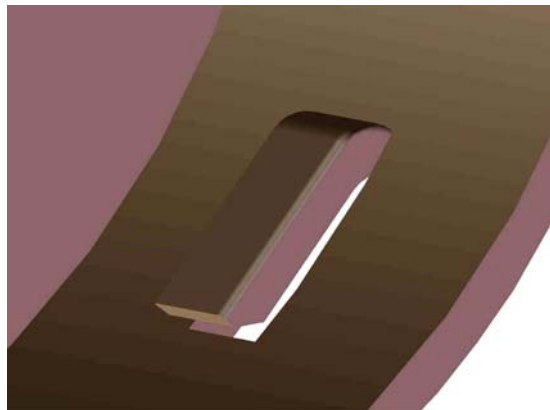


Figura 14 - Pormenor da patilha

O estudo cinemático será feito a partir do conhecimento da pressão de contacto das esperas com a prega (10 gf/mm^2) e da relação da área de contacto das mesmas. Esta foi imposta semelhante à dos outros aparelhos existentes no mercado, nomeadamente o

adipómetro Harpenden que ronda os 100 mm^2 . Assim a área de contacto é de 105 mm^2 , $7 \times 15 [\text{mm}]$, o que resulta uma força sobre a prega de $10,29 \text{ N}$.

Face a esta força e com as molas disponíveis no mercado, procurou-se chegar a uma situação de compromisso entre os valores anteriormente definidos e o comprimento das pinças do aparelho, de forma a garantir uma abertura máxima de 104 mm . Assim, em termos cinemáticos, existe uma espera (14) com área de $A=105 \text{ mm}^2$ (eq. 3.1), que exerce uma força de $F=10,29 \text{ N}$ (eq. 3.2), a força das molas (7) individualmente é de $31,14 \text{ N}$ e o momento dado, considerando que o braço é igual ao raio interior do tambor (5) de $23,5 \text{ mm}$, é de $M1=M2=731,79 \text{ Nmm}$ (eq. 3.3).

$$A=7 \times 15=105 \text{ mm}^2 \quad (3.1)$$

$$F=105 \times 10 \times 9,8 \times 10^{-3}=10,29 \text{ N} \quad (3.2)$$

$$M1=M2=23,5 \times 31,14=731,79 \text{ Nmm} \quad (3.3)$$

Tendo a força requerida e tendo o momento dado pelas molas, calculou-se a distância da base de contacto com o eixo principal $L=142,23 \text{ mm}$ (eq. 3.4). A figura 15 procura de forma esquematizada, apresentar a interacção entre as molas, que rodam em sentido contrario, contribuindo para o momento final, através do momento gerados por cada uma.

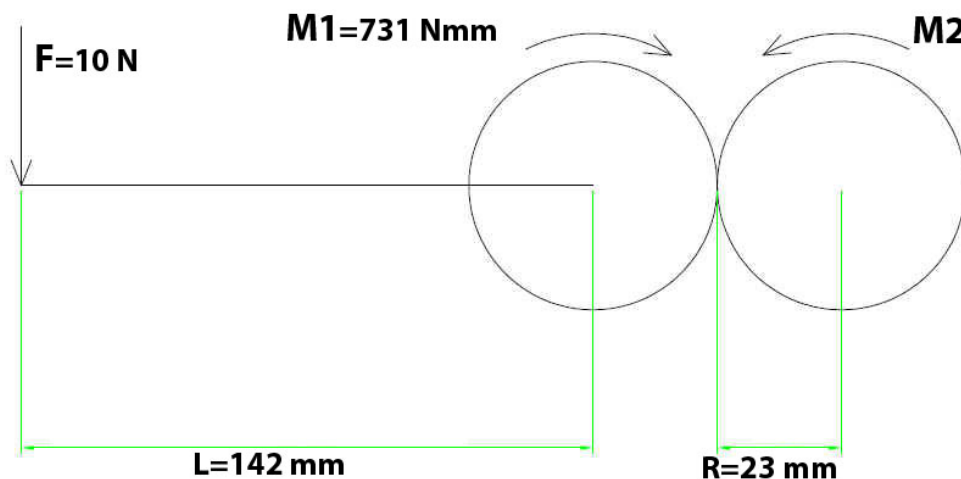


Figura 15 - Estudo da cinemática

$$L = 1463,58/10,29 = 142,23 \text{ mm} \quad (3.4)$$

Princípio de funcionamento

Finalmente, a pressão de aperto do aparelho poderá ser afinada finamente, através da regulação da força das molas. Esta regulação é executada em três etapas: a primeira passa por desapertar a porca do eixo da mola, libertando assim o conjunto mola/núcleo do eixo; na etapa seguinte, com uma mão trava-se o tambor e com a outra roda-se o conjunto mola/núcleo, fazendo com que a mola esteja sob pressão; na última etapa, ainda com o conjunto mola/núcleo e o tambor imobilizados, faz-se o aperto da porca para fixar a mola/núcleo ao veio.

Outra condição inicial era de ser possível ter uma abertura, das pinças, superior aos aparelhos existentes no mercado (cerca de 80 mm). Assim o adipómetro tem uma abertura por volta dos 100 mm. Este aumento vai permitir que sejam medidas pregas volumosas.

Com efeito, a maioria dos pacientes que virão a utilizar este adipómetro não necessitarão de aberturas tão elevadas, mas existe um leque de pacientes especiais, realmente obesos, que não estavam abrangidos pelos outros aparelhos e que assim podem ser monitorizados.

Na figura 16, vemos em vista explodida as peças que constituem o corpo principal.

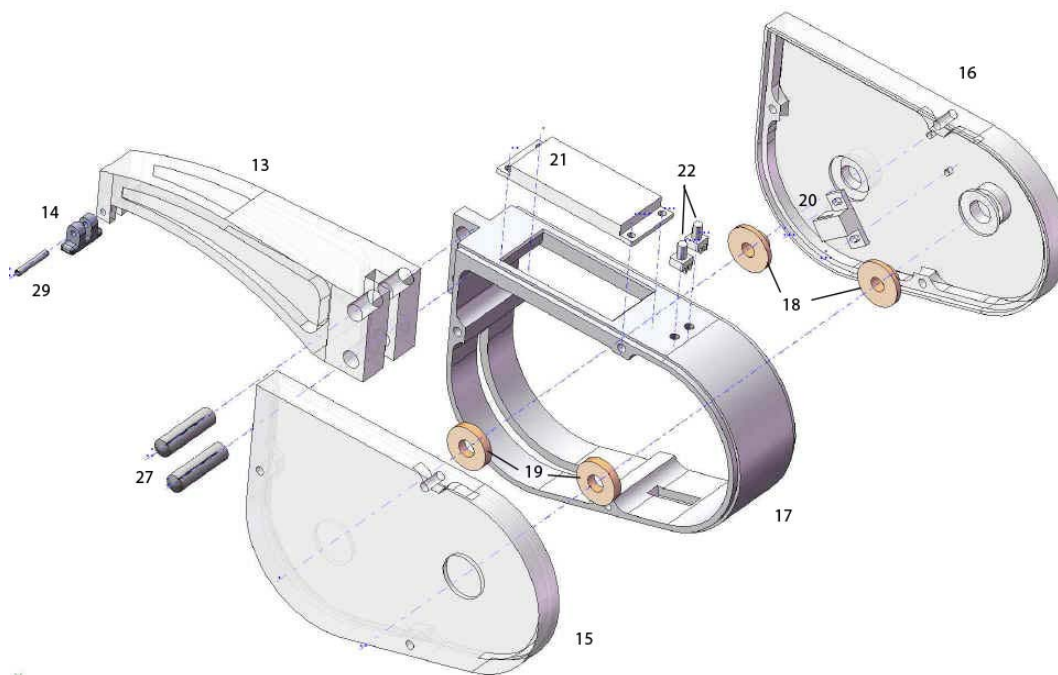


Figura 16 - Corpo principal com os seus componentes

A pinça superior (13) é solidária com o corpo principal (17) através de dois pinos rectificadados $\phi 6$ em aço e na sua extremidade a espera (14) fixa-se às pinças através de um pino elástico. Foram conferidas, às esperas, algum grau de liberdade para que toda a área de contacto com a prega exerça a mesma pressão.

O LCD foi colocado na face superior do corpo por dois motivos:

O primeiro é o de limitar a largura do aparelho;

O segundo tem a ver com motivos funcionais, pois no momento da obtenção da medida da prega, e como o adipómetro está projectado para pessoas dexttras, é mais prático fazer a leitura através do topo do aparelho.

Os dois botões de navegação no menu do adipómetro estão situados ao lado do LCD para mais facilmente se escolher todas as opções do programa.

A cabeça óptica de leitura do *encoder* será fixada na tampa traseira.

O gatilho (12) está preso à pinça inferior, figura 17, por dois pinos $\phi 6$ em aço, e às cintas (6) por quatro pinos $\phi 3$.

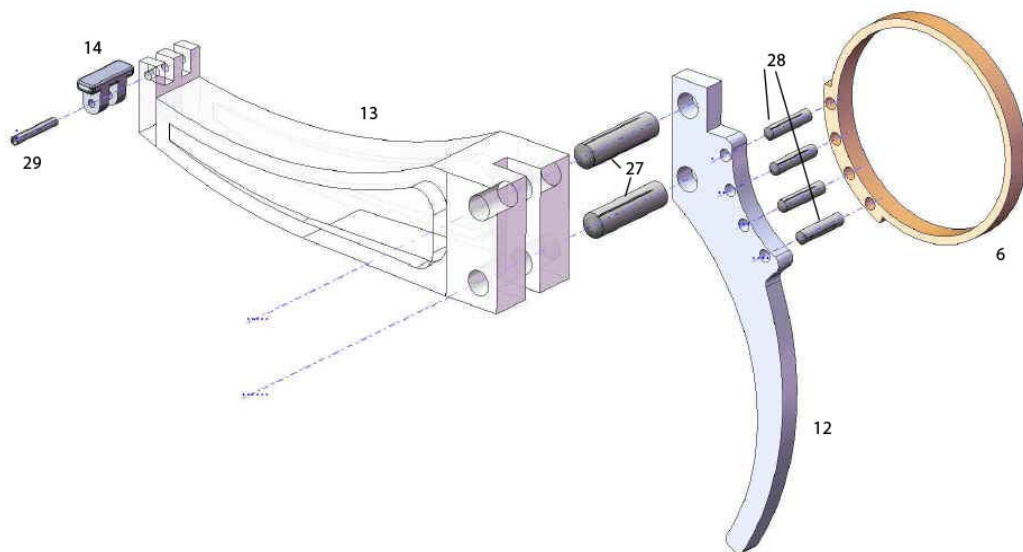


Figura 17 - Conjunto gatilho/pinça inferior

Na figura 18 pode-se ver a parte posterior do adipómetro, em corte e sem a tampa traseira. Vê-se em pormenor a ligação entre as rodas dentadas e também o posicionamento de todo o conjunto do *encoder*.

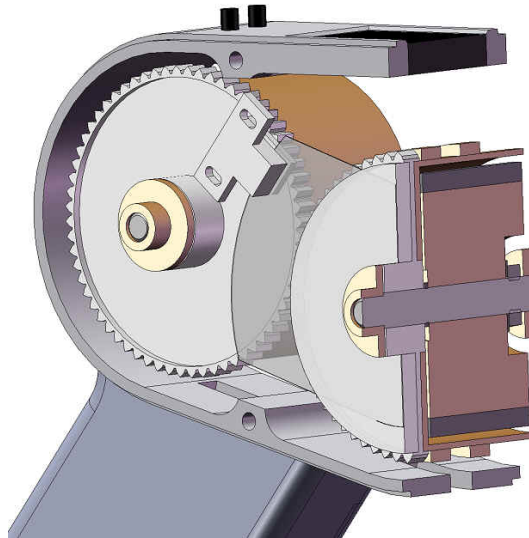


Figura 18 - Mecanismo de transmissão interna e elemento de medição

Na figura 19 pode-se observar que o punho se encontra dividido em duas peças: a principal está aparafusada ao corpo do adipómetro pela sua face superior, contém uma abertura com um rasgo para a introdução da bateria, tendo também uma cavidade para alojar a placa electrónica. Na tampa do punho é colocado um botão, que permite dar a ordem de início de contagem do tempo, aquando da medição da prega. Este botão está posicionado estrategicamente para ser activado com o dedo polegar, assim não será necessário alterar a posição da mão na altura da medição, tornando mais exacta a medição. É de salientar que os três segundos que antecedem a leitura da medição da prega, após a aplicação da pressão de 10 gf/mm^2 nesta, é algo muito importante a respeitar segundo os investigadores da área.

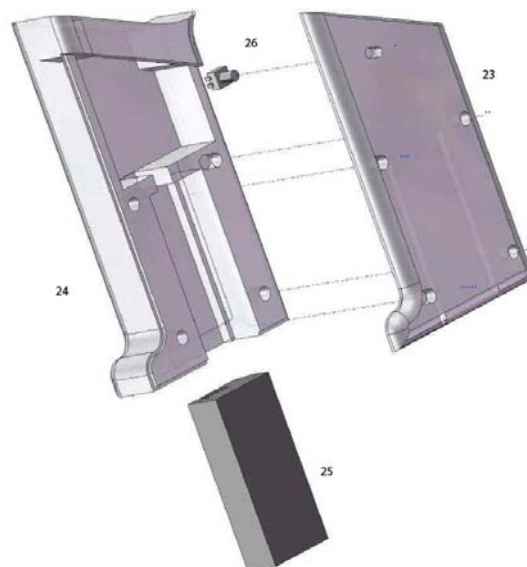


Figura 19 - Punho

Como conclusão pode-se afirmar que o desenvolvimento mecânico do aparelho revela-se aceitável, pois resolve parte do problema associado à variação de pressão aquando da abertura das pinças. No entanto não se conseguiu eliminar totalmente essa variação. Com efeito, e num aparelho do tipo tesoura, esta força dificilmente se mantém constante, pois com a rotação em torno do eixo das pinças, existe uma decomposição da força e do braço da alavanca. Em alternativa, e para solucionar definitivamente este problema, pode-se desenvolver um sistema de translação das pinças mantendo o seu paralelismo, em vez de rotação, fazendo apelo, no entanto, a este tipo de molas (molas de força constante). O sistema de transmissão de movimento pode ser realizado, por exemplo, através de uma cremalheira, como se representa no esquema da figura 20. Se se optar por uma única mola, pode-se incluir um sistema de redução, como foi referido anteriormente, para aumentar ainda mais a resolução.

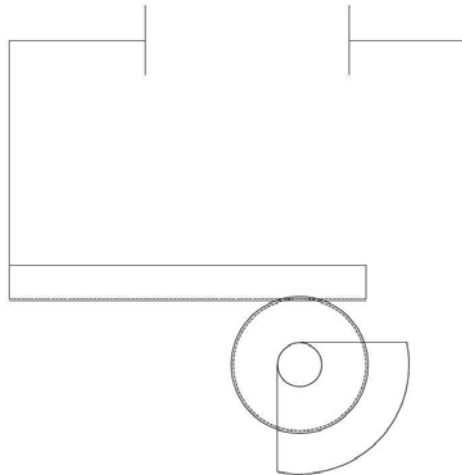


Figura 20 - Esquema de uma solução alternativa de um movimento paralelo das esperas

3.3 Estrutura mecânica

3.3.1 Análise de deformações das pinças

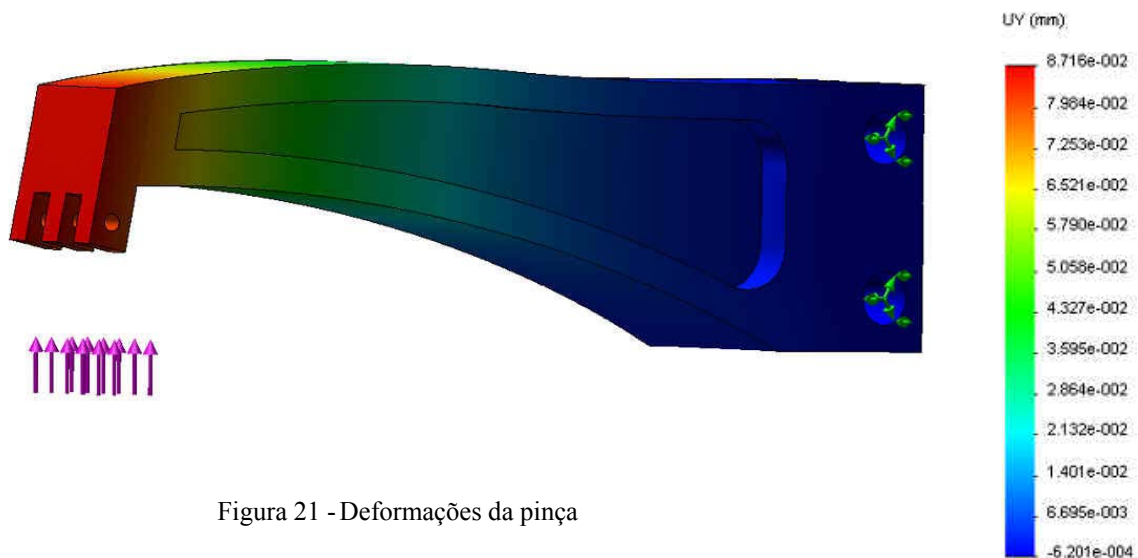
As pinças serão construídas recorrendo a uma moldação por injeção de um termoplástico, ABS PC, de forma a reduzir o peso do aparelho.

Para se analisar estruturalmente a pinça foi efectuado o cálculo computacional por elementos finitos. Esta foi encastrada nos furos de ligação com o corpo principal, e aplicada

Princípio de funcionamento

uma força distribuída vertical na extremidade de contacto com a prega, com o valor de 10,3 N que, como se mostrou anteriormente, é a força presente nas pinças de contacto.

Embora o ABS PC seja um material bastante resistente, tem um módulo de elasticidade baixo, 2410 N/mm^2 , o que faz com que exista uma deformação substancial e não admissível na extremidade da pinça. Esta deformação vai introduzir um erro na medição da prega que somente com uma correcção deste erro a nível de *software* se poderia compensar. Para se evitar esta solução, o projecto das pinças foi particularmente cuidado tendo em vista a diminuição das deformações e conduzindo a uma peça de elevada rigidez.



A deformação máxima ocorre na extremidade de contacto, sendo de 0,08 mm conforme se verifica na figura 21, o que foi considerada aceitável, pois não iria acrescentar um incremento significativo no valor da prega, para a nossa gama de resolução que ronda os 0,12 mm. É de salientar que, quando o adipómetro está em “descanso”, com as pinças fechadas, as esperas estão sujeitas à pressão de 10 gf/mm^2 , o que provoca a deformação acima mencionada, esta posição deve corresponder ao ponto zero do elemento de medida, caso tal não aconteça devido a descalibração do aparelho, este pode ser repostado através da actuação do botão reset. Assim aquando da medição da espessura da prega, e como a pressão aplicada nas esperas é constante, o valor da deformação permanece e a sua variação é anulada.

3.3.2 Análise de tensões das pinças

Para as mesmas solicitações verificou-se, pelo critério de *Von Mises*, que a tensão máxima é de 0,8 MPa, sendo este um valor irrisório para este material (figura 22).

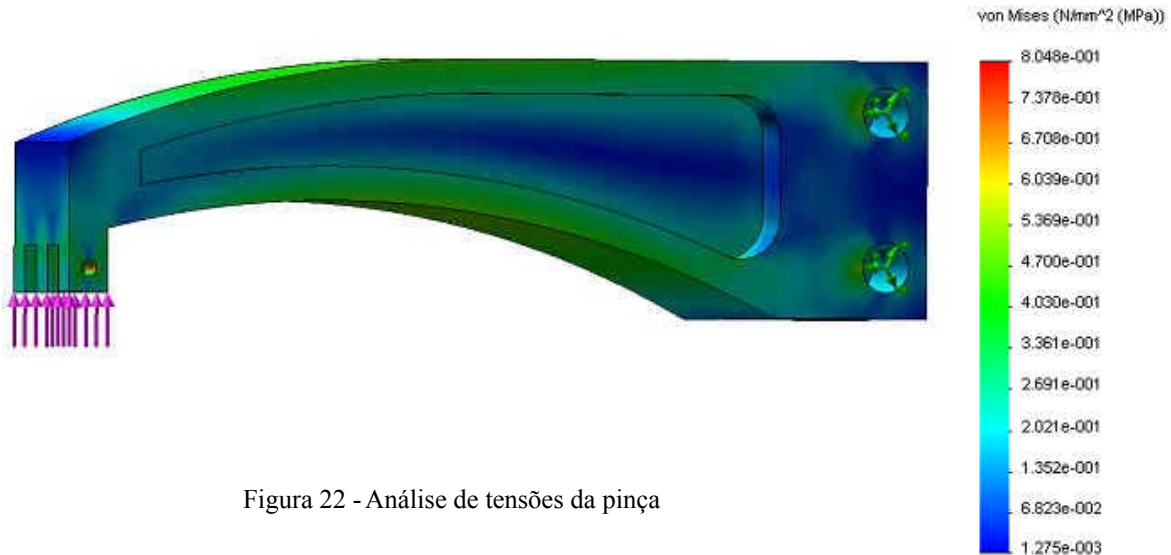


Figura 22 - Análise de tensões da pinça

O diâmetro dos furos foi escolhido de forma a não conduzir demasiada concentração de tensões na zona do seu acoplamento.

3.3.3 Análise das deformações no tambor

Os tambores e as cintas são executados em latão brasado. Na análise do tambor, foi aplicada um binário nos furos das cintas, para simular os esforços das duas molas sobre a pinça inferior, com o valor de 1,4 Nm. Foi aplicada também uma força na patilha de ligação à mola, tangente à face da caixa, com o valor 31 N correspondente ao valor da força da mola. Por fim considerou-se encastrada a base do tambor.

Como as solicitações não são significativas para este tipo de material, não se verificaram grandes deformações tanto na caixa como nas cintas. Conforme se pode observar na figura 23, as deformações máximas situaram-se perto da patilha, com valores de 2×10^{-3} mm. Logo, pode-se afirmar que, quanto a deformações a peça está bem dimensionada.

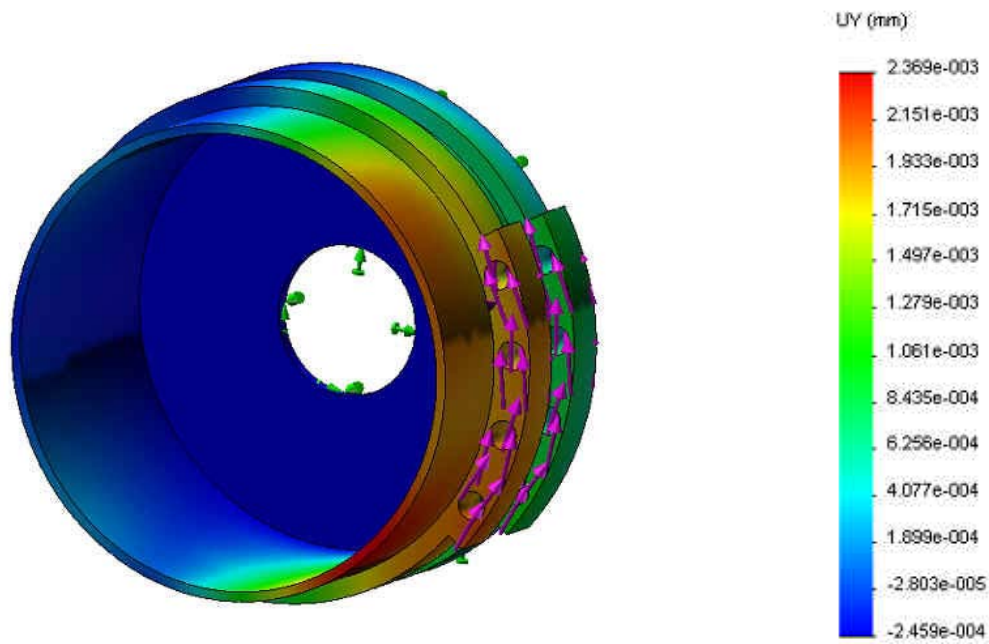


Figura 23 - Deformações do tambor e das cintas

3.3.4 Análise de tensões do tambor

Aplicando as mesmas solicitações descritas no ponto anterior verificou-se, pelo critério de *Von Mises*, que a tensão máxima é de 0,47 MPa, como se pode ver na figura 24.

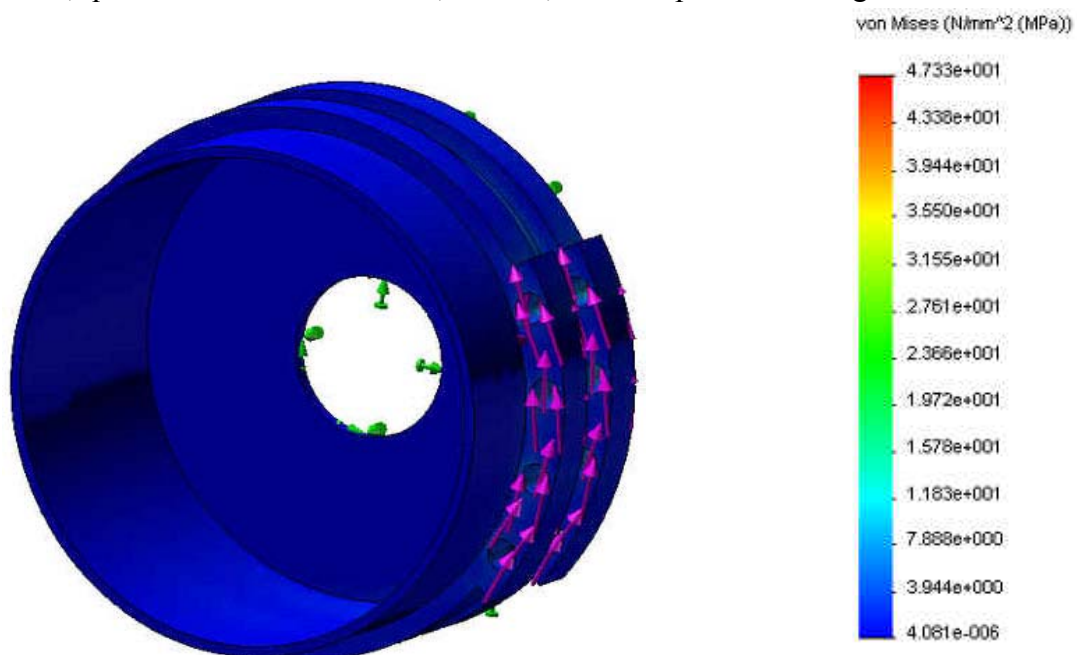


Figura 24 - Análise de tensões do tambor e das cintas

Esta tensão situa-se na parede da caixa, junto à patilha de fixação da mola. Pode-se considerar um valor admissível pois a tensão de cedência, para este material, é bastante superior. As cintas ajudam a dar rigidez ao tambor.

Como foi referido em páginas anteriores, existem dois sistemas de transmissão do binário. Estes dois sistemas têm em comum várias peças, entre as quais o tambor aqui analisado. No entanto, um dos tambores não tem acoplado na sua face as cintas, pois estas existem somente para fazer a ligação com o gatilho. As forças aplicadas nesse tambor vão ser somente as transmitidas por uma única mola, e a inexistência das cintas não irá trazer alterações a nível estrutural.

Inicialmente o corpo do adipómetro era para ser executada em ABS, pois assim reduziria o peso de todo o conjunto. Depois de se ter feito o estudo de deformação este evidenciava, ao nível da face de apoio da pinça superior deformações excessivas. Dada a impossibilidades de aumentar a espessura das paredes devido às limitações com o atravancamento do aparelho, chegou-se à conclusão que a troca do material ABS para o alumínio da série 5000 resolvia o problema das deformações e não trazia grandes acréscimos do peso (compromisso peso/atravancamento).

3.4 Conclusões

Após se terem estudado os componentes mais solicitados, pode-se afirmar que todo o conjunto está bem dimensionado a nível estrutural. No entanto em trabalhos futuros, pode-se dimensionar as pinças para serem mais esbeltas, mudando o material de ABS para um mais rígido. Caso isso aconteça é de evitar que o peso do adipómetro seja elevado, neste momento o peso total é de 770 gramas força.

Caso se opte pela alternativa com uma única mola e com redutores, o peso do aparelho e o seu atravancamento será drasticamente reduzido (peso de cada sistema de transmissão é actualmente de 190 gramas força).

4 . Projecto Electrónico e programação

4.1 Introdução

Os adipómetros que se encontram no mercado são essencialmente analógicos, com uma resolução máxima de 0,2 mm. Tirando o SKYNDEX, os adipómetros analisados evidenciam uma dificuldade na obtenção do valor da prega devido ao facto dessa informação ser analógica e fornecida por uma agulha que se desloca em cima de uma escala graduada. A subjectividade do operador associada a contagem dos 3 segundos é algo que também influencia esta medição.

A introdução de um *encoder* cuja informação é tratada pelo sistema microcontrolador elimina a subjectividade na obtenção do valor da prega. Por outro lado, a existência de memória no microcontrolador, permite gravar os dados dos pacientes, as medições das pregas e a obtenção imediata da sua percentagem de gordura sem ter de fazer cálculos posteriores, dado que no programa do microcontrolador estão introduzidos diversas equações. Dada a extensão do programa desenvolvido associada à existência de pouca memória no microcontrolador (16 kbytes), teve-se que limitar o número de equações de entre um vasto leque encontradas na literatura da especialidade. Estas equações são as mais significativas e representativas da avaliação da percentagem de massa gorda de um indivíduo. Para o sexo masculino foram programadas as equações de *Lohman e Jackson, A.S. & Pollock*, a primeira para pacientes dos 8 aos 18 anos, a segunda para os 18 aos 61 anos. Para o sexo feminino empregues as equações de *Slaughter, Lohman, Boileau* para pacientes dos 8 aos 18 anos e a de *Jackson* para pacientes dos 18 aos 55 anos, como se tinha referido no ponto referente à *Medição das pregas cutâneas*.

Neste capítulo serão descritos os componentes electrónicos justificando-se a sua utilização. Descreve-se sucintamente a programação desenvolvida e o *software* envolvido neste processo.

4.2 Dispositivos Electrónicos

4.2.1 Microcontrolador

O estado actual no campo dos microcontroladores, com a sua utilização generalizada em sistemas electrónicos (como electrodomésticos, câmaras digitais, televisões, etc.), teve início no princípio de desenvolvimento da tecnologia do microprocessador, cujo desenvolvimento tornou possível o armazenamento de centenas de milhares de transístores num único *chip*. Essa era uma condição prévia para a produção de microcontroladores, visto que facilmente se adicionam periféricos tais como memória, linhas de entrada e de saída, temporizadores entre outros. O salto seguinte, no desenvolvimento da tecnologia dos microcontroladores, resultou na criação de circuitos integrados, os quais já continham tanto o microprocessador como periféricos.

Os microcontroladores tem a possibilidade de guardar programas na sua memória, através dos quais controla as saídas, tendo como referência as entradas e um programa interno. O desenvolvimento de um programa pode ser feita em várias linguagem como o Assembler, C, Pascal e Basic que são os mais comumente utilizados. O Assembler pertence ao nível mais baixo (da programação) sendo mais difícil de compreender para um neófito. O C, o Pascal e o Basic são linguagens mais simples pois têm um “raciocínio” mais próximos da do homem e são mais facilmente compreendidas.

Os dispositivos mais significativos existentes num microcontrolador são:

- CPU (*Central Processor Unit*) cuja finalidade é o de interpretar as instruções do programa;
- Memória RAM (*Random Access Memory*) Usada para memorizar as variáveis necessárias para o programa. É um tipo de memória que mantém os dados memorizados enquanto for mantida a alimentação;
- Memória ROM (*Read Only Memory*) é uma memória já programada que não pode ser modificada ou apagada;
- Memória PROM (*Programmable Read Only Memory*) é uma memória ROM não previamente programada. A programação pode ser feita através de um equipamento

especial de programação chamado de programador PROM. É onde se vão armazenar permanentemente as instruções do programa;

- Memória EPROM (*Erasable Programmable Read Only Memory*) é uma memória PROM que pode ser apagada se exposta a luz de uma lâmpada ultra violeta;
- FLASH assemelha-se em tudo com a EEPROM ou seja é uma memória que pode ser apagada e modificada electricamente sem auxílio de luz ultra violeta;
- I/O (Entradas e saídas) Onde se ligam dispositivos externos para serem controlados ou para se receber sinais de monitorização;
- Vários dispositivos auxiliares ao funcionamento tais como geradores de *clock*, *bus*, contadores, etc.

Em resumo, pode-se afirmar que num único dispositivo pode-se encontrar todos os circuitos necessários para realizar um sistema digital programável. Hoje, o uso de microcontroladores em sistemas incorporados ultrapassa o uso de processadores para PC. As principais razões subjacentes ao seu enorme sucesso são a facilidade de programação, a electrónica personalizável, o baixo consumo, a grande flexibilidade e o seu baixo custo.

O microcontrolador utilizado neste trabalho é o PIC18F2431 cujo *layout* se apresenta na figura 25. Usualmente designado por PIC (*Programmable Intelligent Computer*), é um circuito integrado desenvolvido pela *Microchip Technology Inc.* A característica principal que levou à escolha deste microcontrolador foi a existência de uma entrada dedicada para o *encoder*.

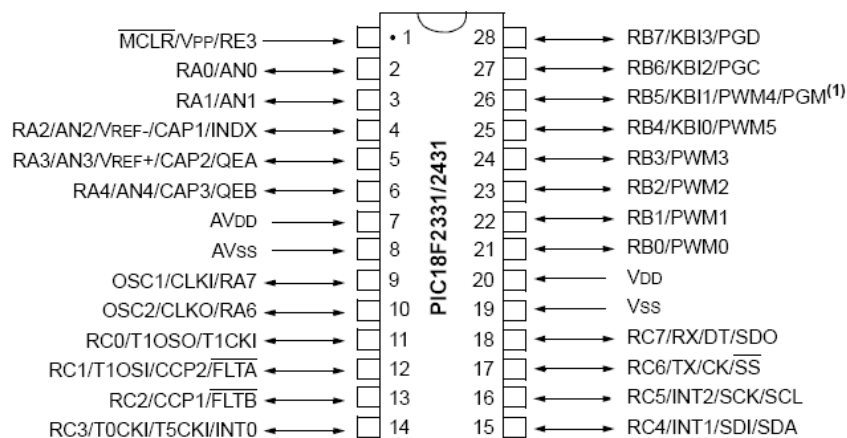


Figura 25 - Esquema dos terminais do PIC

Como características gerais, destacam-se os 16384 bytes de memória Flash, 768 bytes de memória SRAM e 256 bytes de memória EEPROM, 28 pinos dos quais 23 são de entrada ou de saída e uma entrada para o *encoder* (QEA e QEB).

O oscilador utilizado para fornecer o relógio (*clock*) ao microcontrolador, foi o contido no próprio invólucro que oscila a uma frequência de 8MHz. No entanto, a frequência a que trabalha o PIC foi configurada através do “*Postscaler*” para os 4MHz como se mostra na figura 26. Saliente-se ainda que um ciclo de instrução demora quatro ciclos de relógio.

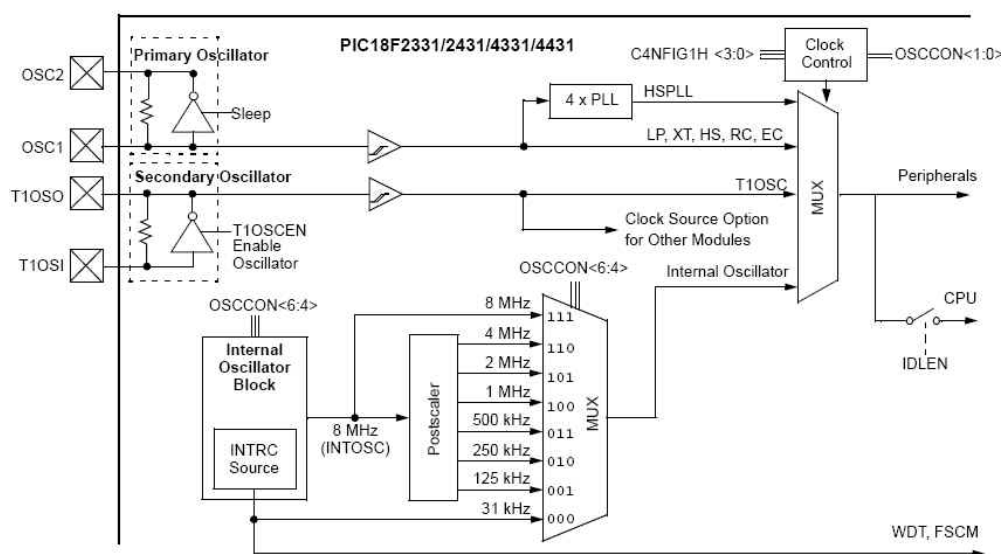


Figura 26 - Diagrama de blocos do *clock* no PIC18F2431

As interrupções são um mecanismo que o microcontrolador possui, tornando possível responder a alguns acontecimentos no momento em que eles ocorrem qualquer que seja a tarefa que ele esteja a executar no momento. A temporização dos três segundos, tempo que medeia o intervalo entre o instante em que é aplicada a pressão de 10 gf/mm² na prega e a sua medição, foi realizado recorrendo a este procedimento. Este muda a execução do programa, suspendendo-a, correndo a rotina de atendimento de interrupção referente à medição do valor da prega. A rotina de serviço de interrupção é chamada por saturação (*overflow*) do contador (*timer 0*) aquando do transvase (*overflow*) de 65535 para 0, pois este foi configurado no modo de 16 bits. Este registo está continuamente a ser incrementado até chegar aos 65535, demorando 4,19 s (equação 4.1), altura em que transvaza (passa de 65535 para 0). Dado que o período do ciclo de instrução ser demasiado curto, o sinal de relógio deve passar pelo

“*prescaler*”² que foi programado com 1:64. A figura 27 procura elucidar a situação aqui descrita.

$$T = \frac{1}{\frac{4000000}{4} \cdot 64} 65535 = 4,19 \text{ seg.} \quad (4.1)$$

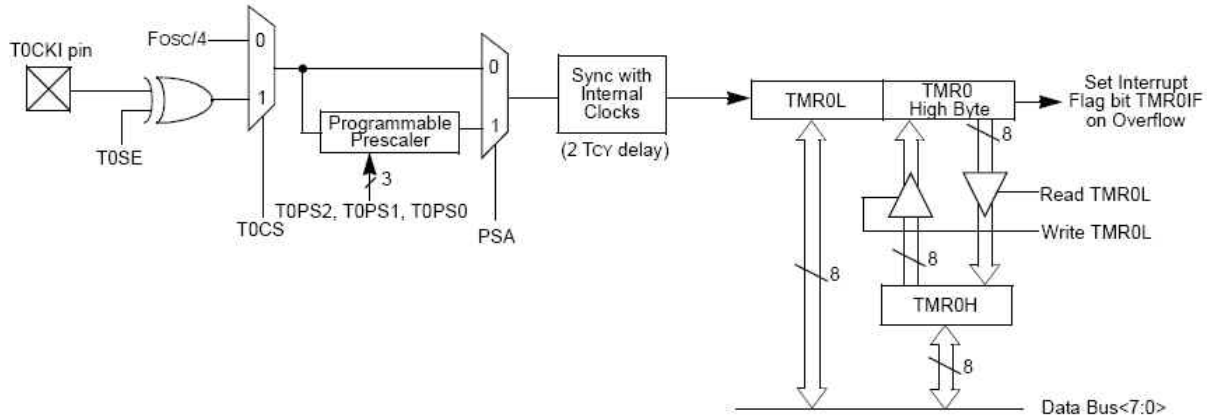


Figura 27 - Diagrama de blocos do timer 0 a 16 bit

Como 65535 incrementos demoram 4,19 s, os três segundos correspondem a 46875 incrementos.

$$\begin{cases} 4,19 \rightarrow 65535 \\ 3 \rightarrow X \end{cases} \Rightarrow X = 46875$$

Assim, o temporizador deve ser iniciado em 18660 (65535 – 46875), após o qual se deve habilitar a interrupção.

4.2.2 Solução para a sensorização

O sistema de sensorização utilizado foi um *encoder* incremental rotativo, fabricado pela *Avago Technologies*, com referencias C6487-80020 para o disco e AEDS-96EX para o sistema óptico de leitura.

² Designação para a parte do microcontrolador, que divide a frequência de oscilação do *clock* antes que os respectivos impulsos incrementem o temporizador.

Os *encoders* são transdutores de movimento capazes de converter movimentos lineares ou angulares numa informação eléctrica. Estas são transformadas em informações binárias e manipuladas por programas que as convertem em distâncias, velocidades, etc.

O modo de funcionamento consiste num ou mais discos, perfurados ou estampados, que permitem ou não, a passagem de um feixe de luz gerado por um emissor, situado num dos lados do disco, e captado por um receptor, que se encontra do lado oposto. Este receptor, com o apoio de um circuito electrónico, gera impulsos que permitem, desta forma, avaliar o posicionamento e/ou velocidade.

O disco utilizado gera 1800 ciclos por revolução (200 linhas por polegada) para um diâmetro de 75 mm. Como o ângulo de abertura do adipómetro é de 40° e com a finalidade de não aumentar demasiadamente o atravancamento do aparelho, o disco foi reduzido a um sector.

O sistema óptico escolhido é um módulo emissor/receptor de pequenas dimensões. O módulo contém um único díodo (LED) como fonte luminosa, a qual é direccionada em feixes paralelos através de uma lente para o receptor.

Como a cabeça óptica disponibiliza dois canais em quadratura, os 1800 ciclos por canal, são convertidos pela *Quadrature Encoder Interface* do microcontrolador em informação correspondente 7200 ciclos por revolução.

A resolução do adipómetro para um braço de 142 mm ronda os 0,12 mm.

A resolução encontrada fica um pouco aquém do valor inicialmente previsto. Existem diversas formas para resolver este problema:

- Aplicação de um *encoder* com maior número de linhas (consequente aumento do custo);
- Redução do tamanho das pinças (diminuição da gama de abertura do adipómetro);
- Criação de uma desmultiplicação ao nível do sistema de engrenagens (para uma determinada abertura do aparelho corresponderia um sector do disco maior. Ex: Se a desmultiplicação for de um para dois, a resolução passaria a ser metade).

4.2.3 Sistema de alimentação

O sistema foi desenvolvido para consumir o mínimo possível de corrente com vista a conferir uma maior autonomia. Conseguiu-se chegar a consumos de 16 mA para o circuito total. O sistema é alimentado por uma bateria de lítio da Sony (NP-FC10) de capacidade igual a 680 mA/h para uma tensão nominal de 3,7V, de dimensões: 49,9 mm x 21,9 mm x 11,6 mm (C x L x P). Na figura 28 pode-se ver em esquema os principais componentes que o compõem.

A bateria está ligada a uma bomba de carga da *Maxim Integrated Products* (Max 660) que por sua vez liga a um regulador de tensão (Max 667). A bomba de carga é responsável pela elevação da tensão da bateria para um nível superior, próximo dos 7 V e o regulador de tensão estabiliza-a nos 5 V. Com este nível de tensão alimenta-se o microcontrolador e o LCD, cujo consumo ronda os 3 mA.

O regulador de tensão tem ainda a possibilidade de disponibilizar informação relativa ao estado de carga da bateria, num dos seus pinos, mediante uma montagem electrónica adequada. Esta informação é introduzida no microcontrolador que avisa o operador quando a bateria está fraca (abaixo dos 3,3 V). Este valor tem por intenção maximizar a vida útil da bateria garantindo, para isso que o seu nível seja mantido acima dos 85% do valor nominal.

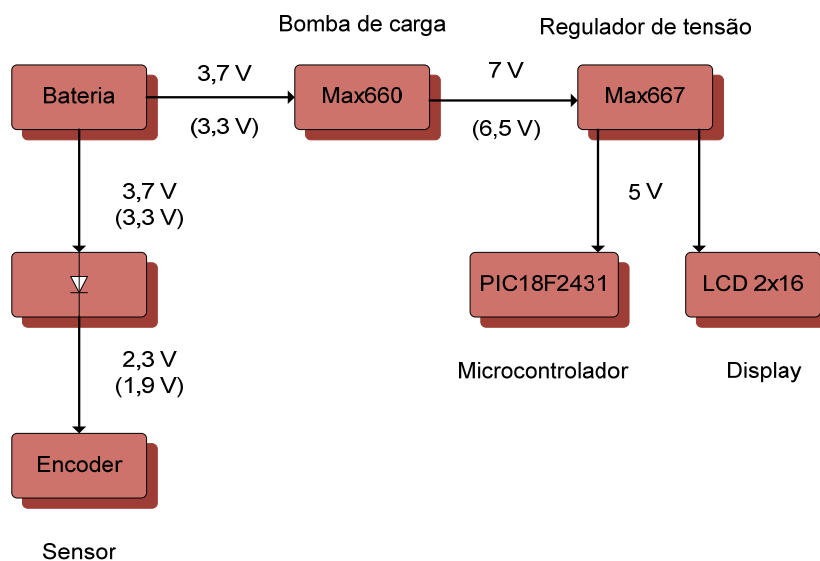


Figura 28 - Esquema das secções da electrónica do adipómetro

O consumo de 16 mA para o sistema foi conseguido graças à minimização da corrente consumida pelo *encoder*. Assim colocou-se dois díodos em série no circuito de alimentação do *encoder* (figura 29). Todavia com esta alteração, o nível “alto” disponibilizado pelos canais do *encoder*, não é visto como tal nas entradas QEA e QEB (entradas do *encoder* no PIC). Uma montagem conforme esquematizada na figura 29, recorrendo a transístores, permitiu solucionar este problema. Assim, dentro da zona útil de funcionamento da bateria (3,7 V a 3,3 V), o sistema óptico (AEDS-96E0-R10) continua a funcionar, rondando o seu consumo máximo os 9 mA.

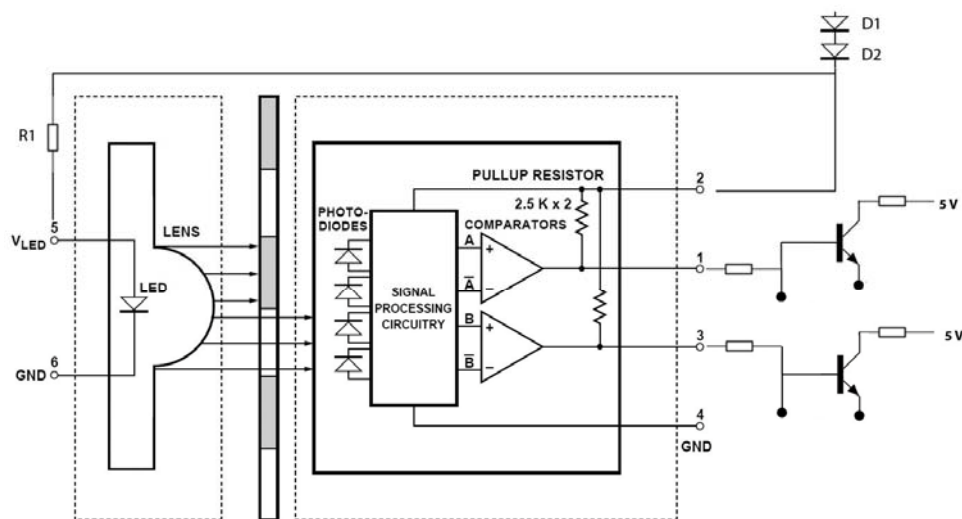


Figura 29 - Diagrama de blocos do sistema óptico do *encoder*

4.2.4 Circuito eléctrico do adipómetro e placa de circuito impresso

Na figura 30, pode-se observar o circuito eléctrico do adipómetro desenvolvido no *Software EAGLE 5.1*.

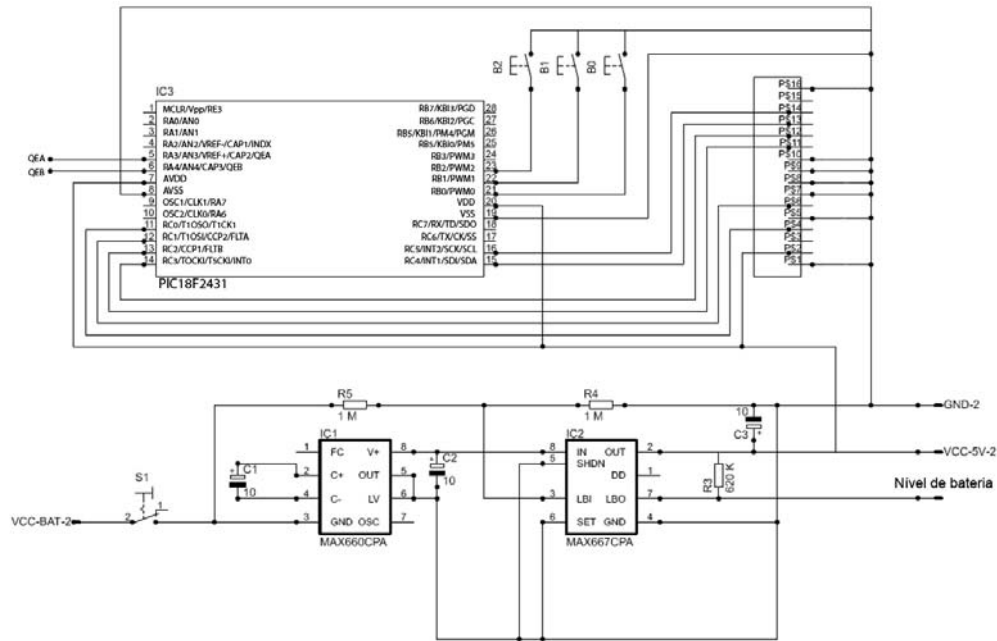


Figura 30 - Esquema eléctrico do adipómetro

4.3 Programação

4.3.1 Compilador e placa de desenvolvimento

A programação do microcontrolador, como se viu anteriormente, pode ser executada em diversas linguagens; neste caso foi decidido fazer a programação em linguagem C. Para tal utilizou-se o *software MikroC*, figura 31, comercializada pela *MikroElektronika*, que para além de ser um editor de código é também um compilador. Para descarregar o programa já compilado para o microcontrolador utilizou-se o *software PICFLASH* desenvolvido pela mesma empresa.

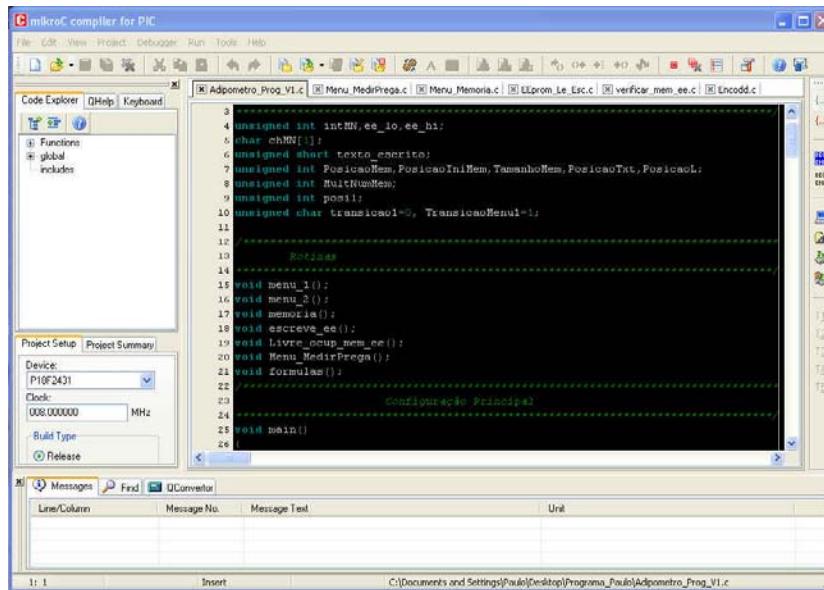


Figura 31 - Software MikroC

Os testes iniciais foram executados numa placa de desenvolvimento, figura 32, que com uma ligação USB permite ligar ao PC e descarregar o código do programa na memória FLASH do PIC. Esta disponibiliza vários elementos como LCD, botões, leds, etc., tendo como única limitação, a não disponibilização de um *encoder*.

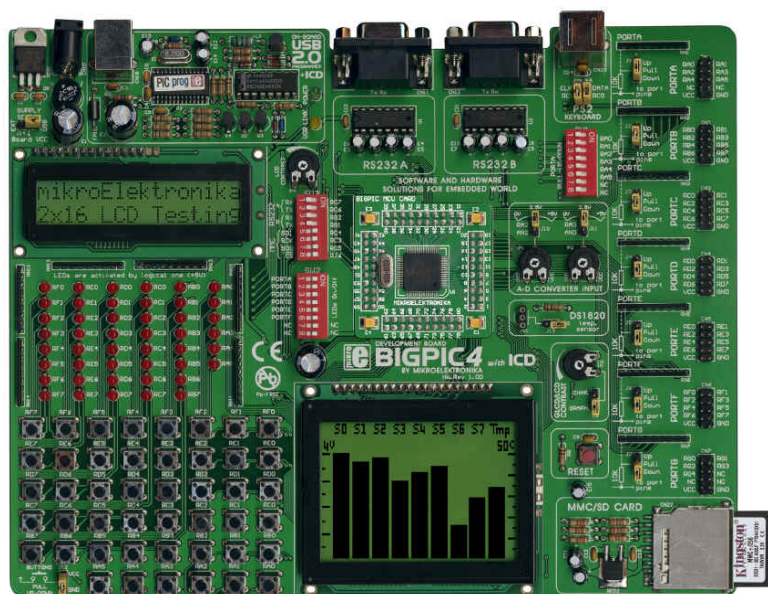


Figura 32 - Placa de desenvolvimento

A versão final do circuito electrónico completo foi montado numa *breadboard* com o intuito de testar o conjunto. A figura 33 ilustra o aspecto final do sistema que vai permitir implementar a placa de circuito impresso a incluir no adipómetro

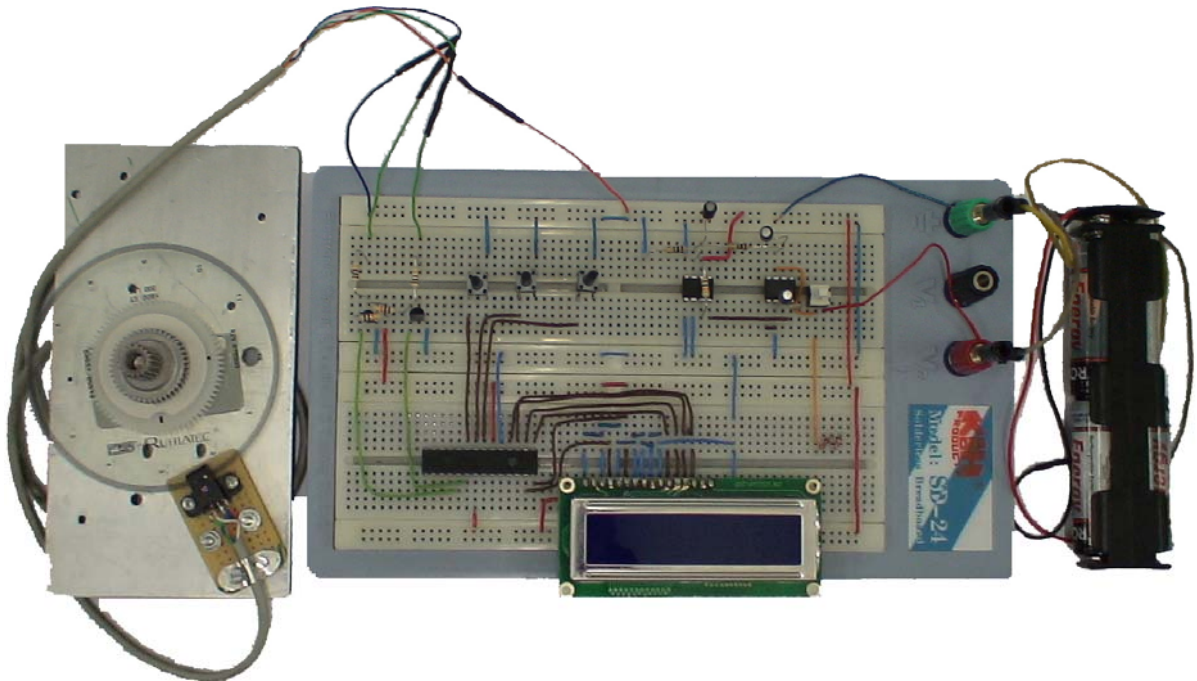


Figura 33 - Aspecto da placa com o circuito a implementar no adipómetro

4.3.2 Programa desenvolvido

Na figura 34 procurou-se fazer uma descrição abreviada em diagrama de blocos da estrutura do programa.

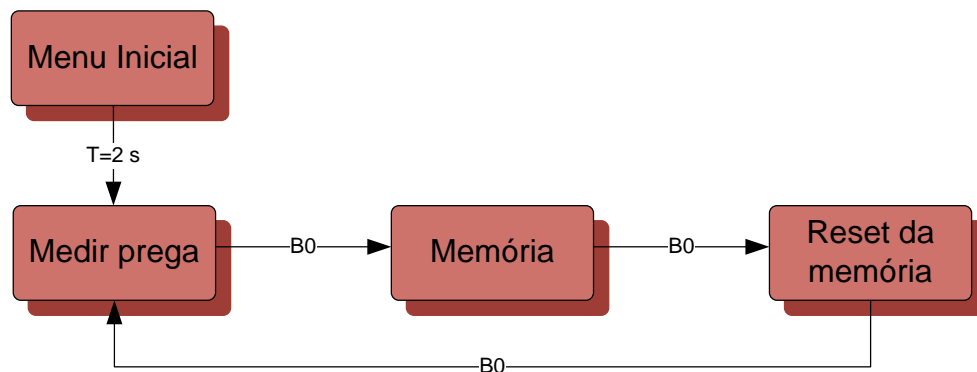


Figura 34 - Diagrama de blocos simplificado da estrutura principal do menu

No intuito de compactar ao máximo todos os elementos electrónicos, existem à disposição do operador três botões. Dois para se navegar nos menus (B0 e B1) e um terceiro com função dupla de *reset* e de *inicio de contagem dos três segundos*. O botão B0, tanto serve para percorrer os diferentes menus existentes como para introdução os dados referentes aos pacientes, como se procura elucidar na figura 35. O botão B1 é um botão de selecção.

Todas as acções desencadeadas pelos botões são activadas na transição de “1” para “0”.

O programa desenvolvido está dividido em várias rotinas, tendo cada rotina um objectivo distinto que passamos a descrever.

A rotina/procedimento “*Main*” faz várias configurações iniciais:

- Das portas tanto do LCD como dos botões;
- Das resistências de *pull-up* para não serem precisas resistências externas;
- Das entradas QEA e QEB referentes ao *encoder*;
- Do *clock* do microprocessador.

Passado alguns segundos o programa entra automaticamente para a primeira fase do menu (*Menu_1*).

O procedimento “*Menu_1*”, dispõem de três possibilidades de selecção. Este procedimento permite transitar entre as opções de medição de pregas (bloco *Medir prega*), ir ver os dados em memória (bloco *Memória*) ou apagar toda a memória guardada (bloco *Reset da memória*).

No “*Menu_2*” entra-se na segunda fase do menu. É neste procedimento que se faz o *reset* de todas as variáveis globais, vai ser a partir deste ponto que se vai ver ou gravar na memória EEPROM. Esta memória suporta segundo o fabricante 1 000 000 de ciclos de limpeza e escrita (*erase/write*), permitindo o armazenamento permanente de vários dados referentes aos pacientes, não perdendo a informação quando a alimentação é desligada.

Entrando no bloco *Medir prega* o utilizador tem a possibilidade de efectuar uma medição, através do bloco *Prega* ou entrar no bloco *Novo paciente*. Nesta ultima hipótese é desencadeado todo um procedimento que leva à determinação da percentagem de massa gorda

segundo as regras estabelecidas. Os nomes atribuídos aos blocos representados a verde (figura 35) são representativos das tarefas que cada uma executa. Para uma descrição mais detalhada de cada rotina, pode ser consultada no anexo B através dos comentários ao longo do código.

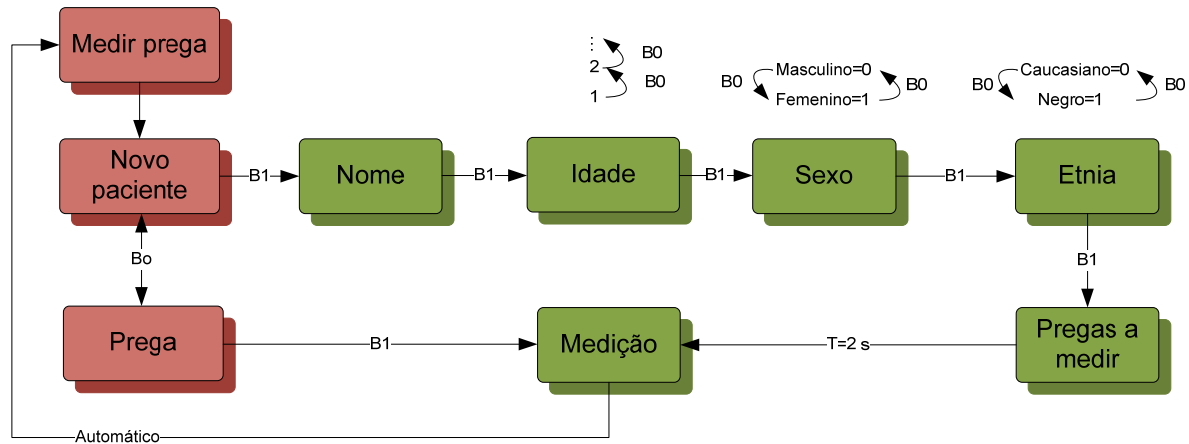


Figura 35 - Diagrama de blocos simplificado da medição de prega

Como já se referenciou, o valor da memória de programa implementado utilizando a tecnologia FLASH está limitado a 16 kbytes, manifestamente insuficientes quando ao código desenvolvido se faz apelo às funções seno e a raiz quadrada:

A primeira vai aparecer quando se converte um número de impulsos do *encoder*, referentes a uma medição angular, na correspondente abertura de pinças;

A segunda tem origem no código referente à equação *Jackson, A.S. & Pollock* (eq. 2.4).

A passagem do limite da memória, aquando a introdução destas duas funções foi, ultrapassado através de aproximações. Assim conseguiu-se ganhar 18% da memória total, o que permitiu a libertação desta e a respectiva compilação do programa.

Na figura 36 observa-se a evolução do erro introduzido pela aproximação à função seno quando o número de impulsos do *encoder* varia de 0 a 900, o que corresponde a uma abertura entre pinças de 45°. Pode-se constatar, na análise desta figura, que o erro introduzido é desprezável.

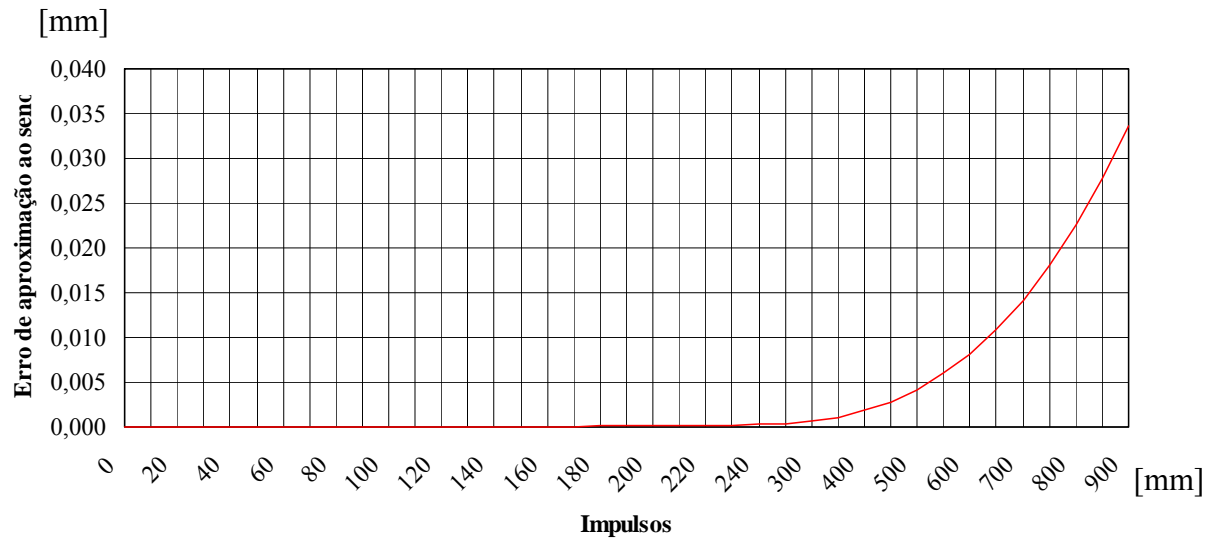


Figura 36 - Gráfico do erro de aproximação do seno

Como se pode observar nas figuras 37 e 38, o erro introduzido pela aproximação à raiz quadrada, é significativo (figura 37), no entanto na expressão onde ela intervém isto é, no valor final da massa corporal torna-se irrelevante para toda a gama de medição possível.

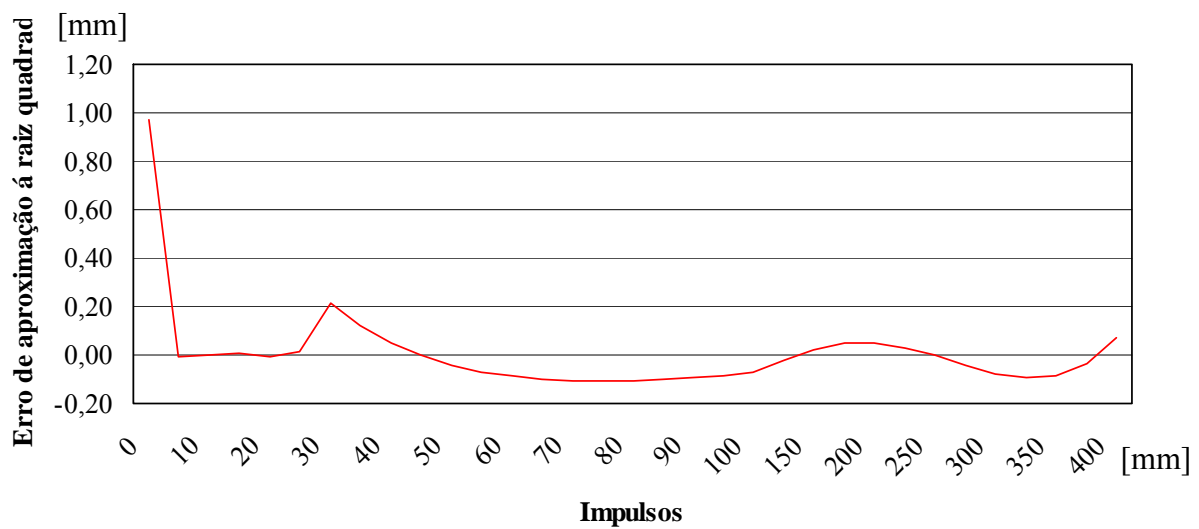


Figura 37 - Gráfico do erro da aproximação da raiz quadrada

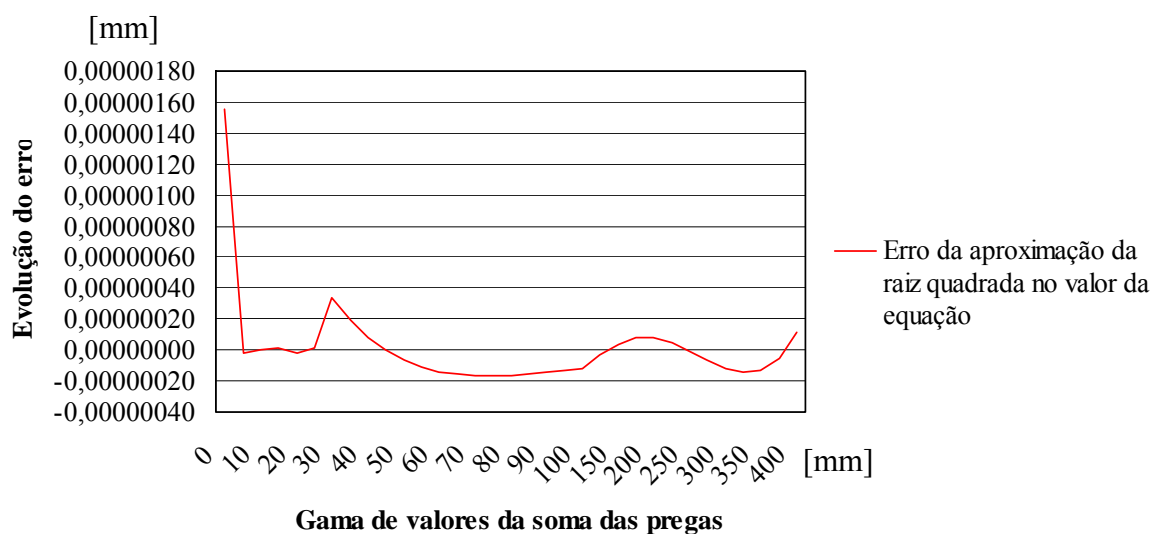


Figura 38 - Gráfico do erro da aproximação da raiz quadrada na massa corporal para um paciente de 18 anos

4.3.3 Alocação da informação dos pacientes

A memória estipulada para armazenar a informação relativamente a cada paciente é de 33 bytes, como o PIC em apreciação disponibiliza 256 bytes de memória na EEPROM, pode-se introduzir informação até sete pacientes. A distribuição dos diferentes dados do paciente é conforme exemplificada na figura 39.

Memória de informação paciente			1	2	3	4	5	6	7
N.Gravado=0	Gravado <100	Gravado / N. Gravado	0	34	68	102	136	170	204
	Nome		1	35	69	103	137	171	205
			2	36	70	104	138	172	206
			3	37	71	105	139	173	207
			4	38	72	106	140	174	208
			5	39	73	107	141	175	209
			6	40	74	108	142	176	210
			7	41	75	109	143	177	211
			8	42	76	110	144	178	212
			9	43	77	111	145	179	213
1-Masculino	2-Feminino	Sexo	10	44	78	112	146	180	214
		Idade	11	45	79	113	147	181	215
1-Caucasiano	2-Negro	Etnia	12	46	80	114	148	182	216
Pregas Local	1-Tríceps -Subscapular -Abdominal		13	47	81	115	149	183	217
	2-Tórax -Abdominal – Coxa		14	48	82	116	150	184	218
	3-Tríceps -Subscapular		15	49	83	117	151	185	219
Prega 1	Prega 1 Medidas	Medida 1	16	50	84	118	152	186	220
			17	51	85	119	153	187	221
		Medida 2	18	52	86	120	154	188	222
			19	53	87	121	155	189	223
		Medida 3	20	54	88	122	156	190	224
			21	55	89	123	157	191	225
Prega 2	Prega 2 Medidas	Medida 1	22	56	90	124	158	192	226
			23	57	91	125	159	193	227
		Medida 2	24	58	92	126	160	194	228
			25	59	93	127	161	195	229
		Medida 3	26	60	94	128	162	196	230
			27	61	95	129	163	197	231
Prega 3	Prega 3 Medidas	Medida 1	28	62	96	130	164	198	232
			29	63	97	131	165	199	233
		Medida 2	30	64	98	132	166	200	234
			31	65	99	133	167	201	235
		Medida 3	32	66	100	134	168	202	236
			33	67	101	135	169	203	237

Figura 39 - Tabela de distribuição dos dados na memória

Convencionou-se que quando se memoriza os valores de um paciente é colocado o valor de 100 num byte específico (0, 34, ..., 204) e, caso a memória esteja desocupada, esse valor será 0. Para o nome dos pacientes são reservados 9 bytes, referentes ao código ASCII dos respectivos caracteres. As características dos pacientes (sexo, idade e etnia) são reservados 1 byte para cada. O sexo e a etnia são definidos por código (masculino é definido por o valor 1 e feminino pelo valor 2). Os valores da distância das pregas cutâneas ocupam 2 bytes.

4.4 Conclusões

Durante a execução do programa, verificou-se que o PIC apresentava pouca memória ROM. As fórmulas introduzidas, a manipulação do valor da prega e o extenso menu, ocupariam mais memória do que a totalidade da memória existente. O problema foi ultrapassado através de aproximações as funções seno e raiz quadrada.

5 . Conclusão geral e Sugestões de Trabalhos Futuros

5.1 Conclusão geral

Este trabalho consistiu no projecto de um medidor de pregas cutâneas, adipómetro, com controlo e visualização electrónica.

Os objectivos foram cumpridos, assim foi realizada:

- Projecto mecânico de todo o aparelho, com desenhos a três dimensões e a partir do qual facilmente se passará para a construção de um protótipo;
- Estudo e selecção das fórmulas para medição das pregas cutâneas a introduzir no programa;
- Selecção do elemento sensor para integração com o funcionamento do programa de controlo;
- Programação do microcontrolador em linguagem C;
- Elaboração do circuito electrónico com todos os seus componentes;

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Seguidamente, são apresentadas algumas propostas para trabalhos futuros de modo a complementar e dar continuidade a este projecto:

- De forma a reduzir o atravancamento, a nível de espessura, foi pensado em desenvolver um novo corpo com uma mola e uma desmultiplicação da sua força através de engrenagens (reductoras). Assim, além de se resolver o problema do atravancamento, aumenta-se também a resolução da medição na medida que se aumenta a desmultiplicação.

Conclusão geral e Sugestões de Trabalhos Futuros

- Execução de um protótipo. O aparelho a executar, tem de sofrer alterações a nível de materiais, pois é impraticável, por exemplo, fazer um protótipo com peças injectadas em ABS-PC, assim aconselha-se a alterar o material das pinças, para uma liga de alumínio, e ao mesmo tempo diminuir as suas dimensões a nível de espessura;
- Execução da placa electrónica. Neste trabalho desenvolveu-se todo o circuito electrónico não havendo disponibilidade de tempo para a sua realização. Como se pôde ver nos capítulos anteriores, o circuito já foi testado;
- Comunicação com um PC, por meio de *wireless*, e criação de uma base de dados dos pacientes analisados;

6 . Referências Bibliográficas

- [1] H. J. Kramer and H. V. Ulmer, "*Two-second standardization of the Harpenden Caliper*", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, Vol. 46, pp. 103-4, 1981;
- [2] V. H. Heyward and D. R. Wagner, "*Applied Body Composition Assessment*", 2004;
- [3] R. S. Gibson, "*Principles of Nutritional Assessment*," *Journal of Nutrition Education and Behavior*, Vol. 38, 2005;
- [4] Dr Hanna-Maaria Lakka, "*European Heart Journal*", Department of Public Health and General Practice, University of Kuopio Finland23(9), pp. 706-713, 2002;
- [5] A. Ward, M. L. Pollock, A. S. Jackson, J. J. Ayres, and G. Pape, "*A comparison of body fat determined by underwater weighing and volume displacement*", *Am J Physiol*, Vol. 234, pp. E94-6, Jan 1978;
- [6] L. A. Milliken, S. B. Going, and T. G. Lohman, "*Effects of variations in regional composition on soft tissue measurements by dual-energy X-ray absorptiometry*", *Int J Obes Relat Metab Disord*, Vol. 20, pp. 677-82, Jul 1996;
- [7] M. H. Slaughter, T. G. Lohman, R. A. Boileau, C. A. Horswill, R. J. Stillman, M. D. Van Loan, and D. A. Bembien, "*Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth*", *Hum Biol*, Vol. 60, pp. 709-23, Oct 1988;
- [8] J. V. G. A. Durnin and J. Womersley, "*Body Fat Assessed from Total-Body Density and Its Estimation from Skinfold Thickness - Measurements on 481 Men and Women Aged from 16 to 72 Years*", *British Journal of Nutrition*, Vol. 32, pp. 77-97, 1974;
- [9] Lohman, T. G., "*Advances in body composition assessment.*", Human Kinetics, 1992;
- [10] Jackson, A.S. & Pollock, M.L., "*Generalized equations for predicting body density of men*", *British J of Nutrition*, Vol. 40: pp 497-504, 1978;
- [11] Slaughter, M.H.; Lohman, T.G.; Boileau, R.A.; Stillman, R.J.; Van Loan, M.; Horswill, C.A.; Wilmore, J.H., "*Influence of maturation on relationship of skinfolds to body density: a crosssectional*", study. *Human Biology*, Detroit, Vol.56, n.4, p.681-9, 1984;
- [12] Jackson, et al., "*Generalized equations for predicting body density of women*", *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 12:pp 175-182, 1980;

Referências Bibliográficas

- [13] Siri, W.E., "*Body composition from fluid spaces and density*": *Analysis of Methods*. California. Univ., Berkeley. Radiation Lab, UCRL-3349;
- [14] N. K. and O. T., "*Measuring techniques in anthropometry – anthropometry equipment*", *Anthropometrika*, pp. 29-32, 1996;
- [15] A. D. Martin, W. D. Ross, D. T. Drinkwater, and J. P. Clarys, "*Prediction of body fat by skinfold caliper: assumptions and cadaver evidence*", *Int J Obes*, Vol. 9 1: 31-9, 1985;
- [16] J. M. Tanner and R. H. Whitehouse, "*Standards for subcutaneous fat in British children. Percentiles for thickness of skinfolds over triceps and below scapula*", *Br Med J*, vol. 1, pp. 446-50, 17 Feb 1962;
- [17] J. M. Tanner and R. H. Whitehouse, "*The Harpenden skinfold caliper*", *Am J Phys Anthropol*, Vol. 13, pp. 743-6, Dec 1955;
- [18] Jackson, Andrew S., Michael L. Pollock and Ann Ward, "*Generalized equations for predicting body density of women*", *Med. Sci. Sports Exercise*. Vol. 12, No. 3, pp. 175-182, 1980;
- [19] Jackson e Pollock, "*Generalized equations for predicting body density of women*", *British Journal of Nutrition*, Nr. 40, pp 497-504, November 1978;
- [20] Sloan, A.W., Burt A.J., Blyth C.S, "*Estimating body fat in young women*", *J. Appl. Physiol.*, Vol 17, pp. 967-970, 1962;
- [21] Pollock, Michael L. and Andrew S. Jackson, "*Research progress in validation of clinical methods of assessing body composition*", *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 16, No. 6, pp. 606-613, 1984;
- [22] Sloan AW, "*Estimation of body fat in young Men*", *J Appl. Physiol*, 23:p311-315, 1967;
- [23] E. Lacerda Nobre, Z. Jorge, A. Macedo, J. Jácome de Castro, "*Tendências do peso em Portugal no final do século XX*", *Serviço de Endocrinologia Diabetes e Metabolismo. Hospital Militar Principal*; pp. 205-209, Lisboa Acta Med Port 2004
- [24] Fabiane Aparecida Canaan Rezende; Lina Enriqueta Frandsen Paez Lima Rosado; Silvia Eloiza Priore; Sylvia do Carmo Castro Franceschini, "*Aplicabilidade de equações na avaliação da composição corporal da população brasileira*", *Revista de Nutrição* Vol.19 no.3 Campinas May/June 2006;

[25] Rogério Pedro de Barros Pereira, José Fernandes Filho; “*Correlações da densidade corporalmensurada com as variáveis antropométricas em jovens meninos no estágio maturacional pubescente*”, Vol 6 – Número 1 – p. 54-62 – 2004;

[26] Sandra de Sousa Beleza, Mário Espiga de Macedo, “*Estudo dos determinantes genéticos da Obesidade e Hipertensão Arterial em populações miscigenadas*” Instituto de Patologia e Imunologia Molecular da Universidade do porto;

[27] I. do Carmo, O. dos Santos, J. Camolas, J. Vieira, M. Carreira, L. Medina, L. Reis, J. Myatt and A. Galvão-Teles, “*Overweight and obesity in Portugal: national prevalence in 2003–2005*” The International Association for the Study of Obesity. obesity reviews 9, 11–19;

Todos os sites descritos a seguir foram verificados na data de 30 de Julho de 2008

[28] <http://www.who.int/en/>

[29] <http://nutrinfo.com/pagina/info/cocorp1.html>

[30] <http://www.fag.com/>

[31] http://medias.schaeffler.com/medias/en!hp.ec/1_R*0;byk9hfIVYYed

[32] <http://pt.rs-online.com/web/home.html>

[33] <http://www.assocspring.co.uk/>

[34] <http://www.britannica.com>

[35] <http://www.cbmerj.rj.gov.br/modules.php?name=News&file=article&sid=655>

[36] <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml?identifier=4639>

[37] <http://www.efdeportes.com/efd64/antrop.htm>

[38] http://www.brite.ac.uk/resources/booklet1copy/page_36.htm

[39] <http://www.microchip.com/>

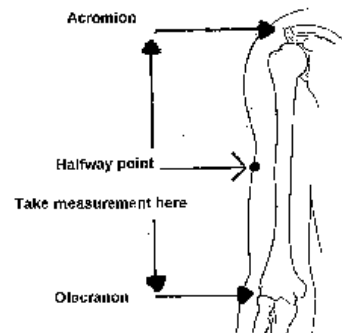
[40] <http://www.maxim-ic.com/>

Anexo A: Validação das pregas cutâneas

Prega tricipital:



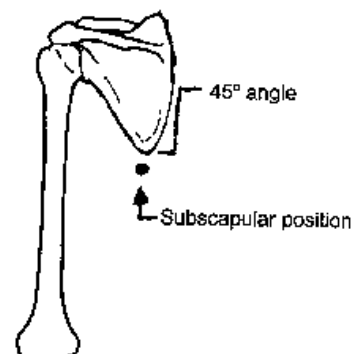
A prega é medida na face posterior do braço direito, na distância média do braço. A medida é realizada segundo o eixo do membro.



Prega subscapular:



A prega é determinada obliquamente ao eixo do corpo, segundo a orientação das costelas, dois centímetros por debaixo do ângulo inferior da omoplata.



Prega abdominal:



A prega é retirada paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, dois centímetros à direita do umbigo.

Prega da coxa:

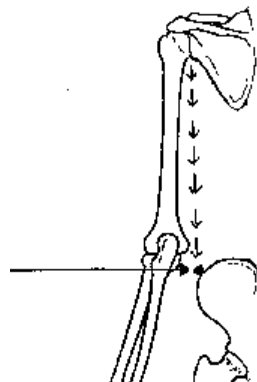


A prega é determinada entre o ponto médio da coxa, na sua face anterior. A medida deve ser feita na direcção do eixo longitudinal.

Prega supra-ilíaca:



A prega cutânea é medida três centímetros acima da espinha ilíaca ântero-superior, no sentido oblíquo ao eixo longitudinal do corpo.



Anexo B: Programa do microcontrolador em C


```

1: /*****
2: Variáveis globais
3: *****/
4: unsigned int intMN;
5: //char chMN[1];
6: unsigned short texto_escrito;
7: unsigned int PosicaoMem,PosicaoIniMem,TamanhoMem,PosicaoTxt,PosicaoL;
8: unsigned int MultNumMem;
9: //unsigned int posi1;
10: unsigned char transicao1=0, TransicaoMenu1=1;
11:
12: /*****
13: Rotinas
14: *****/
15: void menu_1();
16: void menu_2();
17: void memoria();
18: void escreve_ee();
19: void Livre_ocup_mem_ee();
20: void Menu_MedirPrega();
21: void formulas();
22: /*****
23: Configuração Principal
24: *****/
25: void main()
26: {
27: /* Portas */
28: PORTC = 0;
29: OSCCON=0b11101110; //frequencia a 4Mz
30: TRISA = 255;
31: TRISB=0b00111111;
32: INTCON2.f7=0; //configura as resistências de pull up na porta B
33: //com isto não precisamos de resistencias externas
34:
35: /*****
36: Configuração do LCD
37: *****/
38:
39: Lcd_Init(&PORTC); // Inicializa LCD ligado à porta B
40: Lcd_Cmd(Lcd_CURSOR_OFF); // Turn cursor off
41: Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR); // Limpa o ecrã
42:
43: menu_1();
44: }
45: /*****
46: Variáveis locais
47: *****/
48: char OldState1=0,OldState2=0;
49: char MI=1;
50:
51: /*****
52: Rotina principal
53: *****/
54: void menu_1()
55: {
56:
57: OldState1=0;
58: OldState2=0;
59: while (1)
60: {
61: if (button(&portB,0,1,0))

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
62: OldState1=1;
63:
64: if (button(&portB,1,1,0))
65: OldState2=1;
66:
67: ///-----Selecionar Menu 2-----
68: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState2==1)
69: {
70: if (TransicaoMenu1==2) // Detecção de transição
    descendente saltar menu1-Menu_2//
71: {
72: MI=2;
73: oldstate2=0;
74: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
75: menu_2();
76: }
77: ///-----Selecionar Memoria-----
78: else if (TransicaoMenu1==3) // Detecção de transição
    descendente saltar menu1-Menu_Memoria//
79: {
80: MI=2;
81: oldstate2=0;
82: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
83: memoria();
84: }
85: ///-----Selecionar reset-----
86: else if (TransicaoMenu1==1)
87: {
88: PosicaoIniMem=0;
89: while (PosicaoIniMem<=255)
90: {
91: LCD_Out(2,1,"A apagar");
92: texto_escrito=0; //
    0 - Memoria livre
93: escreve_ee();
94: PosicaoIniMem++;
95: }
96: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
97: TransicaoMenu1=1;
98: transicao1=0;
99: }
100: }
101: //-----Opções Menu 1-----
102:
103: if (button(&portB,0,1,1)&& OldState1==1 && MI==1)
104: {transicao1++;
105: oldstate1=0;
106: if (transicao1>=3)
107: transicao1=0;
108: }
109:
110: if (transicao1==0 && TransicaoMenu1==1)
111: {
112: LCD_Out(1,1,"Menu");
113: LCD_Out(2,1,"Medir");
114: TransicaoMenu1=2;
115: }
116: else if (transicao1==1 && TransicaoMenu1==2)
117: {
118: LCD_Out(2,1,"Mem. ");
119: TransicaoMenu1=3;
```



```

120: }
121: else if (transicao1==2 && TransicaoMenu1==3)
122: {
123: LCD_Out(2,1,"Reset");
124: TransicaoMenu1=1;
125: }
126: }
127: }
128:
129: /*****
130: Variáveis locais
131: *****/
132: char TransicaoMenu2=1,OldState3=0, OldState4=0,transicao2=0;
133:
134: /*****
135: Rotina principal
136: *****/
137: void menu_2()
138: {
139: while (1)
140: {
141:
142: if (button(&portB,0,1,0))
143: OldState3=1;
144:
145: if (button(&portB,1,1,0))
146: OldState4=1;
147:
148: ////-----Selecionar -----
149:
150:
151: if (button(&portB,0,1,1)&& OldState3==1)
152: {
153: transicao2++;
154: oldstate3=0;
155: if (transicao2>=3)
156: transicao2=0;
157: }
158: ////-----Escolher (Menu_MedirPrega)-----
159:
160: // Novo paciente //
161:
162: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState4==1 && TransicaoMenu2==2)
163: {
164: oldstate4=0;
165: Livre_ocup_mem_ee();
166: Menu_MedirPrega();
167:
168: transicao2=0;
169: TransicaoMenu1=2;
170: TransicaoMenu2=1;
171: Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
172: }
173: //-----Medir prega-----
174:
175:
176: if (transicao2==0 && TransicaoMenu2==1)
177: {
178: LCD_Out(1,1,"Medir");
179: LCD_Out(2,1,"Novo");
180: TransicaoMenu2=2;

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
181: }
182: }
183: }

1: /*****
2: Variáveis globais
3: *****/
4: extern int intMN;
5: char chMN[1];
6: extern unsigned short texto_escrito;
7: extern unsigned int PosicaoMem,PosicaoIniMem,TamanhoMem,PosicaoTxt,PosicaoL;
8: float pre1,pre2,pre3;
9: int posi1;
10: /*****
11: Variáveis locais
12: *****/
13: char OldState6=0,transicao3=0,transicao4=0,TransicaoMenu3=0;
14: char OldState5=0;
15: char contador,prega;
16: char sexo=0;
17: char nm1=0,id1=0,et1=0;
18: int k=64, x=8;
19: char *anos, tnum[2];
20: char AN=0, SX=0, ET=0, DC_1=0;
21: /*****
22: Rotinas
23: *****/
24: void escreve_ee();
25: void ler_ee_num();
26: void formulas();
27: void valorprega ();
28: void medir_prega();
29: void repetir_prega();
30: void escreve_ee_prega();
31: void alterado(char *texto);
32: void ler_ee_prega();
33: void pregamedida(float medida);
34: float valorfracc(int valorencoder);
35: /*****
36: Rotina principal
37: *****/
38: void Menu_MedirPrega()
39: {
40: PosicaoIniMem=34*(intMN-1);
41: texto_escrito=100; // 100 - Memoria gravada
42: escreve_ee();
43: LCD_Out(1,11,chMN);
44: LCD_Out(1,1,"Medir prega Mem");
45: LCD_Out(2,1,"Nome ->");
46: PosicaoIniMem=0;
47: OldState5=0;
48: x=8;
49: k=64;
50: SX=0;
51: id1=0;
52: et1=0;
53: nm1=0;
54: AN=0;
55: TransicaoMenu3=0;
56: transicao3=0;
```

```

57: while (1)
58: {
59: if (button(&portB,0,1,0))
60: {OldState5=1;}
61:
62: if (button(&portB,1,1,0))
63: {OldState6=1;}
64: ///-----Escolher NOME-----
65: if (nm1==0) Lcd_Cmd(LCD_UNDERLINE_ON); // Turn cursor ON
66: else Lcd_Cmd(Lcd_CURSOR_OFF); // Turn cursor off
67:
68: if (button(&portB,0,1,1) && OldState5==1 && x<=16 && nm1==0)
69: {
70: K++;
71: if (k>=91) k=65;
72: OldState5=0;
73: Lcd_Chr(2,x,k);
74: Lcd_Cmd(LCD_MOVE_CURSOR_LEFT);
75: }
76: ///-----Selecionar NOME (letra)-----
77: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState6==1)
78: {
79: {
80: if (x<16 && nm1==0)
81: {
82: if (K==64)K=160;
83: PosicaoIniMem=1+34*(intMN-1)+(x-8); // (8<=x<=16)-8 dá o
incremento do character; 34*((1<=intMN<=7)-1) dá posição na mem
84: texto_escrito=k;
85: escreve_ee();
86: x++;
87: k=64;
88: OldState6=0;
89: Lcd_Cmd(LCD_MOVE_CURSOR_RIGHT);
90: }
91: else if (x==16&& nm1==0)
92: {
93: if (K==64)K=160;
94: PosicaoIniMem=9+34*(intMN-1);
95: texto_escrito=k;
96: escreve_ee();
97: OldState6=0;
98: nm1=1;
99: SX=0;
100: et1=0;
101: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
102: LCD_Out(1,1,"Medir prega");
103: LCD_Out(2,1,"Sexo");
104: }
105: }
106: //-----Escolher SEXO-----
107: if (button(&portB,0,1,1)&& OldState5==1&& nm1==1 && SX==0 && id1==0 && et1==0) //
Detecção de transição ascendente escolher SEXO//
108: {
109: transicao3++;
110: OldState5=0;
111: if (transicao3>=2)
112: transicao3=0;
113: }
114: // Opções SEXO
115: if (nm1==1 && SX==0 && id1==0 && et1==0)

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
116: {
117: if (transicao3==0 && TransicaoMenu3==0)
118: {
119: LCD_Out(2,6,"Masc.");
120: TransicaoMenu3=1;
121: }
122: else if (transicao3==1 && TransicaoMenu3==1)
123: {
124: LCD_Out(2,6,"Femi.");
125: TransicaoMenu3=0;
126: }
127: }
128: //-----Selecionar SEXO-----
129: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState6==1&& nm1==1 && SX==0 && id1==0
&& et1==0)
130: {
131: if (TransicaoMenu3==1) SX=1; // Detecção de transição ascendente definir SEXO-Masculino//
132: else if (TransicaoMenu3==0) SX=2; // Detecção de transição ascendente definir SEXO-
Feminino//
133:
134: PosicaoIniMem=10+34*(intMN-1); // Defenir: posição da Mem; o que gravar. Gravar na mem//
135: texto_escrito=SX;
136: escreve_ee();
137: OldState6=0;
138: TransicaoMenu3=0;
139: LCD_Out(2,1,"Idade 0");
140: }
141: //-----Escolher IDADE-----
142: if (button(&portB,0,1,1) && OldState5==1&& nm1==1 && SX>0 && id1==0
&& et1==0)
143: {
144: if (AN<99)
145: {
146: AN++;
147: IntToStr(AN,tnum);
148: anos=rtrim(tnum);
149: LCD_Out(2,9," ");
150: LCD_Out(2,9,anos);
151: OldState5=0;
152: }
153: else if (AN==99)
154: {
155: AN=0;
156: OldState5=0;
157: }
158: }
159: //-----Selecionar IDADE-----
160: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState6==1&& nm1==1 && SX>0 && id1==0
&& et1==0)
161: {
162: OldState6=0;
163: transicao3=0;
164: PosicaoIniMem=11+34*(intMN-1); // Defenir:
posição da Mem; o que gravar. Gravar na mem//
165: texto_escrito=AN;
166: escreve_ee();
167: id1=1;
168: LCD_Out(2,1,"Etnia");
169: }
170: //-----Escolher ETNIA-----
171: if (button(&portB,0,1,1) && OldState5==1&& nm1==1 && SX>0 && id1==1
```

```

&& et1==0)
172: {
173: transicao3++;
174: OldState5=0;
175: if (transicao3>=2) transicao3=0;
176: }
177: if (nm1==1 && SX>0 && id1==1 && et1==0)
178: {
179: if (transicao3==0 && TransicaoMenu3==0)
180: {
181: LCD_Out(2,7,"Cauc.");
182: TransicaoMenu3=1;
183: }
184: else if (transicao3==1 && TransicaoMenu3==1)
185: {
186: LCD_Out(2,7,"Negro");
187: TransicaoMenu3=0;
188: }
189: }
190: //-----Selecionar ETNIA-----
191: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState6==1 && nm1==1 && SX>0 && id1==1
&& et1==0)
192: {
193: if (TransicaoMenu3==1) ET=1; // Detecção de
transição ascendente definir ETNIA-branco//
194: else if (TransicaoMenu3==0) ET=2; // Detecção de
transição ascendente definir ETNIA-negro//
195:
196: PosicaoIniMem=12+34*(intMN-1); // Definir:
posição da Mem; o que gravar. Gravar na mem//
197: texto_escrito=ET;
198: escreve_ee();
199: medir_prega();
200: return;
201: }
202: }
203: }
204: /*****
205: Rotina auxiliar
206: *****/
207: void alterado(char *texto)
208: {
209: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
210: LCD_Out(1,1,texto);
211: valorprega();
212: escreve_ee_prega();
213: }
214: /*****
215: Rotina auxiliar
216: *****/
217: void nhf()
218: {
219: DC_1=0;
220: LCD_Out(1,1,"Nao existem form.");
221: delay_ms(1000);
222: }
223: /*****
224: Rotina auxiliar
225: *****/
226: void pregas(char *texto1)
227: {

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
228: LCD_Out(1,1,texto1);
229: delay_ms(1000);
230: }
231: /*****
232: Rotina auxiliar
233: *****/
234: void massacorp()
235: {
236:
237: float divpre1=0,divpre2=0,divpre3=0, intermed=0;
238: unsigned short cont=0;
239: float interm;
240: PosicaoIniMem=16+34*(intMN-1);
241: pre1=0;
242: pre2=0;
243: pre3=0;
244: while(1)
245: {
246: ler_ee_prega();
247: PosicaoIniMem++;
248: cont++;
249:
250: if (cont<=3)
251: {
252: if (posi1>0)
253: {
254: divpre1=divpre1+1;
255: intermed=valorfracc(posi1);
256: pre1=intermed+pre1;
257: }
258: }
259: else if (cont<=6)
260: {
261: if (posi1>0)
262: {
263: divpre2=divpre2+1;
264: intermed=valorfracc(posi1);
265: pre2=intermed+pre2;
266: }
267: }
268: else if (cont<=9 )
269: {
270: if (posi1>0)
271: {
272: divpre3=divpre3+1;
273: intermed=valorfracc(posi1);
274: pre3=intermed+pre3;
275: }
276: }
277:
278: else
279: {
280:
281: intermed=pre1/divpre1;
282: pre1=intermed;
283:
284: intermed=pre2/divpre2;
285: pre2=intermed;
286:
287: intermed=pre3/divpre3;
288: pre3=intermed;
```

```

289:
290: formulas();
291: return;
292: }
293: }
294: }
295: /*****
296: Rotina principal
297: *****/
298: void medir_prega()
299: {
300: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
301: OldState6=0;
302: LCD_Out(1,1,"Pregas");
303: if (SX==1&&ET==1)
304: {
305: if (AN>=8&&AN<18)
306: {
307: pregas("Tric.Subs.Abd.");
308: DC_1=1;
309: }
310: else if (AN>=18&&AN<=61)
311: {
312: pregas("Tora.Abdo.Coxa");
313: DC_1=2;
314: }
315: else nhf();
316: }
317: else if (SX==2&&ET==1)
318: {
319: if (AN>=8&&AN<18)
320: {
321: pregas("Trice.Subscap.");
322: DC_1=3;
323: }
324: else if (AN>=18&&AN<=55)
325: {
326: pregas("Tric.Sili.Coxa");
327: DC_1=4;
328: }
329: else nhf();
330: }
331: else nhf();
332: if (DC_1>0)
333: {
334: PosicaoIniMem=13+34*(intMN-1); // Defenir: posição da Mem; o que gravar. Gravar na mem//
335: texto_escrito=DC_1;
336: escreve_ee();
337: }
338: contador=1;
339: prega=1;
340: PosicaoIniMem=16+34*(intMN-1);
341: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
342: while(1)
343: {
344: if (DC_1==1)
345: {
346: if (prega==1)
347: {
348: alterado("Triceps: "); //1ª Leitura
349: if (contador<3)repetir_prega();

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
350: else if (contador==3)
351: {
352: prega++;
353: contador=1;
354: }
355: }
356: else if (prega==2)
357: {
358: alterado("Subscapular:"); //2ª Leitura
359: if (contador<3)repetir_prega();
360: else if (contador==3)
361: {
362: prega++;
363: contador=1;
364: }
365: }
366: else if (prega==3)
367: {
368: alterado("Abdominal: "); //3ª Leitura
369: if (contador<3)repetir_prega();
370: else if (contador==3) return;
371: }
372:
373: else if (prega==4)
374: {
375: massacorp();
376: return;
377: }
378: }
379: if (DC_1==2)
380: {
381: if (prega==1)
382: {
383: alterado("Tórax: ");
384: if (contador<3)repetir_prega();
385: else if (contador==3)
386: {
387: prega++;
388: contador=1;
389: }
390: }
391: else if (prega==2)
392: {
393: alterado("Abdominal: ");
394: if (contador<3)repetir_prega();
395: else if (contador==3)
396: {
397: prega++;
398: contador=1;
399: }
400: }
401: else if (prega==3)
402: {
403: alterado("Coxa: ");
404: if (contador<3)repetir_prega();
405: else if (contador==3) return;
406: }
407: else if (prega==4)
408: {
409: massacorp();
410: return;
```



```

411: }
412: }
413: if (DC_1==3)
414: {
415:   if (prega==1)
416:   {
417:     alterado("Triceps: ");
418:     repetir_prega();
419:   }
420:   if (prega==2)
421:   {
422:     alterado("Subscapular:");
423:     if (contador<3)repetir_prega();
424:     else if (contador==3) return;
425:   }
426:   else if (prega==3)
427:   {
428:     massacorp();
429:     return;
430:   }
431: }
432: if (DC_1==4)
433: {
434:   if (prega==1)
435:   {
436:     alterado("Triceps: ");
437:     repetir_prega();
438:   }
439:   if (prega==2)
440:   {
441:     alterado("Suprailiac:");
442:     repetir_prega();
443:   }
444:   if (prega==3)
445:   {
446:     alterado("Coxa: ");
447:     if (contador<3)repetir_prega();
448:     else if (contador==3)
449:     {
450:       massacorp();
451:       return;
452:     }
453:   }
454:   return;
455: }
456: }
457: }
458: /*****
459: Rotina principal
460: *****/
461: void repetir_prega()
462: {
463:   char OldState=0,OldState1=0,transicao1=1;
464:
465:   LCD_Out(1,1,"Fazer mais 1");
466:   LCD_Out(2,1,"medicao? Nao");
467:   while (1)
468:   {
469:     if (button(&portB,0,1,0))
470:       OldState1=1;
471:

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
472: if (button(&portB,1,1,0))
473: OldState=1;
474: //////////////////////////////////////////////////
475: if (button(&portB,0,1,1)&& OldState==1)
476: {
477: oldstate1=0;
478: if (transicao1==1)
479: {
480: LCD_Out(2,13,"Sim");
481: transicao1=2;
482: }
483: else if (transicao1==2)
484: {
485: LCD_Out(2,13,"Nao");
486: transicao1=1;
487: }
488: }
489: //////////////////////////////////////////////////
490: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState==1)
491: {
492: if (transicao1==1) //Medir prega seguinte
493: {
494: prega++;
495: contador=1;
496: OldState=0;
497: if (prega==2) PosicaoIniMem=22+34*(intMN-1);
498: else if (prega==3) PosicaoIniMem=28+34*(intMN-1);
499: Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
500: return;
501: }
502: else if (transicao1==2) //Obter novo
valor da prega
503: {
504: PosicaoIniMem++;
505: contador++;
506: OldState=0;
507: Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
508: return;
509: }
510: }
511: }
512: }
513: float BD,sqrt1=0;
514: float totpreg=0;
515: float PF;
516: extern char AN=0;
517: /******
518: Rotina principal
519: *****/
520: void formulas()
521: {
522: char texto[13];
523: PF=0.0;
524: BD=0.0;
525: totpreg=(pre1+pre2+pre3);
526:
527: if (sx=1)
528: { //formulas Masculinas Densidade corporal
529: if (AN<=18) BD=1.0982-(0.000815*(totpreg))+(0.0000084*(totpreg)*(totpreg));
// 8>AN=<18 Equação Lohman
530: else
```

```

531: {
532: if (totpreg>25) sqrt1=3.46342+0.07888*(totpreg)-
0.000159*totpreg*totpreg+0.000000164*totpreg*totpreg*totpreg;
533: else sqrt1=0.970477+0.28936595*(totpreg)-
0.0082588*totpreg*totpreg+0.000126*totpreg*totpreg*totpreg;
534: BD=1.10938-0.0008267*(totpreg)+0.0000016*sqrt1-0.0002574*AN;
}
535:
536: }
537: }
538: else //formulas Femeninas Densidade corporal
539: {
540: if (AN<=18) BD=0.133*(totpreg)-0.013*(totpreg)*(totpreg)-2.5;
// 8<AN<18 Equação Slaughter, Lohman, Boileau
541: else BD=1.0994921-0.0009929*(totpreg)+0.0000023*(totpreg)*(totpreg)-
0.0001392*AN; // 18<AN<55 Equação Jackson, Al.
542: }
543:
544: PF=(495.0/BD)-450.0;
// Siri % de massa gorda
545:
546:
547: pregamedida(PF);
548: delay_ms(4000);
549: //return;
550: }

1: /*****
2: Variáveis globais
3: *****/
4: extern unsigned int intMN;
5: extern unsigned int MultNumMem;
6: extern unsigned int PosicaoMem,PosicaoIniMem,TamanhoMem,PosicaoTxt,PosicaoL=0;
7: extern char chMN[1];
8: extern unsigned char transicao1=0, TransicaoMenu1=1,OldState1,MI;
9:
10: /*****
11: Variáveis locais
12: *****/
13: char OldState7=0;
14: char OldState8=0;
15:
16: /*****
17: Rotinas
18: *****/
19: void ler_ee_txt();
20: void ler_ee_num();
21: void navegar_ee();
22: //void escreve_LCD(char linha, char coluna, char *texto);
23: void ler_ee_prega();
24: /*****
25: Rotina principal
26: *****/
27: void memoria()
28: {
29: intMN=1;
30: OldState7=0;
31: inicio:
32: if (intMN==8)
33: {
34: intMN=1;

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
35: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
36: OldState7=0;
37: OldState8=0;
38: TransicaoMenu1=1;
39: transicao1=0;
40: OldState1=0;
41: Ml=1;
42: delay_ms(35);
43: return;
44: }
45: PosicaoIniMem=34*(intMN-1);
46: IntToStr(intMN,chMN);
47: LCD_Out(1,4,chMN);
48: LCD_Out(1,1,"Memoria");
49: LCD_Out(2,15,"->");
50:
51: if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==0)
52: {
53: LCD_Out(1,11,"Livre");
54: LCD_Out(2,0," ");
55: }
56: else if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)>0)
57: {
58: LCD_Out(1,11,"Ocup. ");
59: PosicaoIniMem=1+34*(intMN-1);
60: PosicaoL=2;
61: PosicaoTxt=0;
62: ler_ee_txt();
63: }
64:
65: while(1)
66: {
67: if (button(&portB,0,1,0))
68: OldState7=1;
69: ////-----Escolher a memoria -----
70: if (button(&portB,0,1,1)&& OldState7==1)
71: {
72: OldState7=0;
73: intMN++;
74: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
75: goto inicio;
76: }
77: if (button(&portB,1,1,0))
78: OldState8=1;
79: ////-----Selecionar a memoria -----
80: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState8==1)
81: {
82: OldState8=0;
83: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
84:
85: PosicaoIniMem=11+34*(intMN-1); //Posição da idade na mem
86: PosicaoL=1;
87: PosicaoTxt=7;
88: ler_ee_num();
89: LCD_Out(1,13,"Anos");
90:
91: PosicaoIniMem=1+34*(intMN-1); //Posição do nome na mem
92: PosicaoL=1;
93: PosicaoTxt=0;
94: ler_ee_txt();
95:
```

```

96: PosicaoIniMem=12+34*(intMN-1); //Posição da etnia na mem
97: if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==1)
98: {
99: LCD_Out(2,7,"Cauc.");
100: }
101: else if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==2)
102: {
103: LCD_Out(2,7,"Negro");
104: }
105:
106: PosicaoIniMem=10+34*(intMN-1); //Posição da Sexo na mem
107: if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==1)
108: {
109: LCD_Out(2,1,"Masc.");
110: }
111: else if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==2)
112: {
113: LCD_Out(2,1,"Feme.");
114: }
115:
116: delay_ms(2000);
117: PosicaoIniMem=16+34*(intMN-1);
118: PosicaoL=2;
119: PosicaoTxt=1;
120: LCD_Out(2,1," ");
121: ler_ee_prega();
122: }
123: }
124: }

1: #include "built_in.h"
2: /*****
3: Variáveis globais
4: *****/
5: extern unsigned short texto_escrito;
6: extern unsigned int PosicaoMem,PosicaoIniMem,TamanhoMem,PosicaoTxt,PosicaoL;
7: extern int posi1;
8: extern unsigned short intMN;
9: extern char chMN[1];
10: /*****
11: Variáveis locais
12: *****/
13: char texto_lido[8];
14: unsigned short ee_lo;
15: unsigned int ee_hi;
16: /*****
17: Rotina principal
18: *****/
19: void escreve_ee()
20: {
21: Eeprom_Write(PosicaoIniMem, texto_escrito);
22: delay_ms(35);
23: }
24: /*****
25: Rotina principal
26: *****/
27: void ler_ee_txt()
28: {
29:
30: for (PosicaoMem =PosicaoIniMem-1; PosicaoMem <=PosicaoIniMem+8;

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
PosicaoMem++)
31: {
32: lcd_chr(PosicaoL,PosicaoTxt++,Eeprom_Read(PosicaoMem));
33: }
34: }
35: /*****
36: Rotina principal
37: *****/
38: void ler_ee_num()
39: {
40: IntToStr(Eeprom_Read(PosicaoIniMem),texto_lido);
41: lcd_Out(PosicaoL,PosicaoTxt,texto_lido);
42: }
43: /*****
44: Rotina principal
45: *****/
46: void escreve_ee_prega()
47: {
48: ee_lo=Lo(posi1);
49: ee_hi=Hi(posi1);
50: Eeprom_Write(PosicaoIniMem, ee_lo);
51: delay_ms(25);
52: PosicaoIniMem++;
53: Eeprom_Write(PosicaoIniMem, ee_hi);
54: delay_ms(25);
55: }
56: /*****
57: Rotina principal
58: *****/
59: void ler_ee_prega()
60: {
61: ee_lo = eeprom_read(PosicaoIniMem);
62: delay_ms(25);
63: PosicaoIniMem++;
64: ee_hi = eeprom_read(PosicaoIniMem);
65: delay_ms(25);
66:
67: ee_hi = ee_hi << 8; // desloca os algarismos mais significativos
68: posi1 = (ee_lo | ee_hi);
69:
70: if (PosicaoL>0)
71: {
72: IntToStr(posi1,texto_lido);
73: lcd_Out(PosicaoL,PosicaoTxt,texto_lido);
74: }
75: }

1: /*****
2: Variáveis globais
3: *****/
4: extern char OldState1, transicao1;
5: extern unsigned short texto_escrito;
6: extern unsigned int PosicaoMem,PosicaoIniMem,TamanhoMem,PosicaoTxt,PosicaoL;
7: extern unsigned int intMN;
8: extern char chMN[1];
9: extern unsigned int MultNumMem;
10: /*****
11: Variáveis locais
12: *****/
13: char OldState;
14: unsigned char chMultNumMem;
```

```

15: /*****
16: Rotinas
17: *****/
18: void apagar_mem_ee();
19: void escreve_ee();
20: /*****
21: Rotina principal
22: *****/
23: void Livre_ocup_mem_ee()
24: {
25:   intMN=1;
26:   Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
27:   while(1)
28:   {
29:     if (intMN==8) intMN=1;
30:     PosicaoIniMem=34*(intMN-1);
31:     IntToStr(intMN,chMN);
32:     LCD_Out(1,4,chMN);
33:     LCD_Out(1,1,"Memoria");
34:     if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)==0)
35:     {
36:       LCD_Out(1,11,"livre");
37:       delay_ms(500);
38:       Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
39:       return;
40:     }
41:     else if (Eeprom_Read(PosicaoIniMem)>0)
42:     {
43:       LCD_Out(1,11,"Ocupada");
44:       delay_ms(500);
45:       Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
46:       apagar_mem_ee();
47:     }
48:   }
49: }
50: /*****
51: Rotina principal
52: *****/
53: void apagar_mem_ee()
54: {
55:   transicao1=1;
56:   LCD_Out(1,1,"Eliminar mem? ");
57:   LCD_Out(2,13,"Nao");
58:   while (1)
59:   {
60:     ///////////////////////////////////
61:     if (button(&portB,0,1,0))
62:       OldState1=1;
63:
64:     if (button(&portB,1,1,0))
65:       OldState=1;
66:
67:     ///////////////////////////////////
68:
69:
70:     if (button(&portB,0,1,1)&& OldState1==1)
71:     {
72:       oldstate1=0;
73:       if (transicao1==1) //transicao1=2
74:         Elimina memoria
75:     {

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
75: LCD_Out(2,13,"Sim");
76: transicao1=2;
77: }
78: else if (transicao1==2) //transicao1=1
Não elimina memoria
79: {
80: LCD_Out(2,13,"Nao");
81: transicao1=1;
82: }
83: }
84: ////////////////////////////////
85:
86: if (button(&portB,1,1,1)&& OldState==1)
87: {
88: if (transicao1==1) //Não quer gravar
por cima
89: {
90: intMN++;
91: OldState=0;
92: }
93: else if (transicao1==2) //Gravar por cima
94: {
95: texto_escrito=0; //
0 - Memoria livre
96: escreve_ee();
97: }
98: OldState=0;
99: Lcd_Cmd(Lcd_CLEAR);
100: return;
101: }
102: }
103: }
```



```
1: //-----//
2: //Definição das rotinas//
3: //-----//
4: void tresSeg();
5: void config();
6: void pregamedida(float medida);
7: float valorfracc(int valorencoder);
8: //-----//
9: //Definição das variáveis globais//
10: //-----//
11: extern int posi1;
12: int posi2;
13: int short teste_valido=0;
14: char tresSegOn=1;
15: float medida1;
16: unsigned char ch, sinal, parar;
17: //-----//
18: //Programa principal//
19: //-----//
20: void interrupt()
21: {
22: if(INTCON.F2==1) //Int provocada por overflow do timer0 ?
23: {
24: INTCON.F2=0; //Timer= register did not overflow
25: T0CON=0b00000000; //bit F7=0 controla o Timer0 fazendo-o parar
26: INTCON2.F2=0; ////? não deve ser necessário!!
27: tresSegOn=1; //liga a flag dos tres segundos
```



```

28: teste_valido=1;
29: return;
30: }
31: }
32: void tresSeg()
33: {
34: tresSegOn=0; //apaga a flag dos tres segundos
35: teste_valido=0;
36: INTCON.F7=1; //GIE, liga INTERRUPT
37: T0CON=0b00000101; // F7=0 controla o Timer0 fazendo-o parar
38: //liga Timer0 com prescal para 1:64
39: // e 16 bits para o contador--> bit F6=0
40: TMR0L=0xE4; //carrega o byte menos significativo do Timer0
41: TMR0H=0x48; //carrega o byte mais significativo do Timer0
42: T0CON=0b10000101; //liga Timer0 (F6=1)com prescal para 1:64
43: INTCON2.F2=1; //TMR0IP, Timer0 overflow Interrupt Priority bit
44: INTCON.F5=1; //TMR0IE,enable Timer0 --> overflow Interrupt bit
45: INTCON.F2=0; //TMR0IF, TiMER0 register did not overflow
46: }
47: //-----//
48: //Rotina RETIRA VALOR DO ENCODER //
49: //-----//
50: extern char oldstate=0,oldstate1=0;
51: void valorprega ()
52: {
53: char OldState2=0;
54: unsigned short contador_2=0;
55: ANSEL0=0; //por as entradas analogicas como digitais--
 muito importante
56: QEICON=0b10110100; //configuração do módulo de interface do Encoder
57: DFLTCON=0b00111000; //filtros nas entradas dos canais A B e INDEX
58: PIR3.F3=0;
59: contador_2=0;
60: teste_valido=0;
61: POSCNTH=0;
62: POSCNTL=0;
63: //******************************************************************//
64: while (1) // A//
65: {
66: if (button(&portB,1,1,0)) OldState2=1;
67: if (button(&portB,1,1,1) && OldState2==1)
68: {
69: POSCNTH=0;
70: POSCNTL=0;
71: OldState2=0;
72: }
73: posi1=POSCNTH*256+POSCNTL;
74: if (posi1!=posi2)
75: {
76: posi2=posi1;
77: medida1=valorfracc(posi1);
78: pregamedida(medida1);
79: }
80: ////////////////////////////////////
81: if(teste_valido)
82: {
83: teste_valido=0;
84: LCD_Out(2,1,"Out=");
85: medida1=valorfracc(posi1);
86: pregamedida(medida1);
87: delay_ms(2000);

```

Anexo B: Programa do microcontrolador em C

```
88: LCD_Cmd(LCD_CLEAR);
89: return;
90: }
91:
92: if (button(&portB,2,1,0)&& tresSegOn) oldstate=1;
93: if (oldstate && button(&portB,2,1,1))
94: { // Detecção de transição ascendente//
95: oldstate=0;
96: tresSeg();
97: }
98: } //Fim do ciclo while (A)//
99:
100: } //Fim da rotina main //
101: //-----//
102: //Subrotina MOSTRAR VALOR NO LCD //
103: //-----//
104: void pregamedida(float medida)
105: {
106: float medidav;
107: unsigned int medidaint;
108:
109: if (medida>=0)
110: {
111: medidav=medida+0.05;
112: sinal=0;
113: }
114: else
115: {
116: medidav=-medida+0.05;
117: sinal=1;
118: }
119: medidaint=(unsigned int) (medidav*10);
120: parar=0;
121: lcd_out(2,4," ");
122: ch=(medidaint)%10;
123: LCD_chr(2,9,48+ch);
124: LCD_chr(2,8,'.');
125: ch=(medidaint/10)%10;
126: LCD_chr(2,7,48+ch);
127: if (medidaint>=1000)
128: {
129: ch=medidaint/1000;
130: LCD_chr(2,5,48+ch);
131: if (sinal) LCD_chr(2,4,'-');
132: }
133: else (parar=1);
134:
135: if (medidaint>=100)
136: {
137: ch= (medidaint/100)%10;
138: LCD_chr(2,6,48+ch);
139: if (parar && sinal) LCD_chr(2,3,'-');
140: }
141: else if (sinal) LCD_chr(2,4,'-');
142: LCD_out(2,12,"mm");
143: }
144: float valorfracc(int valorencoder)
145: {
146: float total;
147: float alfa;
148: alfa=0.00043633*valorencoder;
```

```
149: total=280*(alfa-0.1666*alfa*alfa*alfa+0.00813*alfa*alfa*alfa*alfa*alfa);  
150: return total;  
151: }
```


Anexo C: Componentes electrónicos e mecânicos

Mola de força constante

CONSTANT-FORCE SPRINGS

RESSORTS A FORCE CONSTANTE

Stock sizes in stainless steel (Type 301)

Constant-force springs are a special variety of extension spring. They consist of a spiral of strip material with built-in curvature so that each turn of the strip wraps tightly on its inter neighbour. When the strip is extended (deflected) the inherent stress resists the loading force, just as in a common extension spring, but at a nearly constant (zero) rate.

The constant-force spring is well suited to long extensions with no load build-up. In use, the spring is usually mounted with the ID tightly wrapped on a drum and the free end attached to the loading force, such as in a counterbalance application. This relationship can be reversed, however, with the free end mounted stationary and the spring itself providing the working force, as with carbon brushes in electrical apparatus.

Note

Be sure to allow at least 1 1/2 coils of material on the drum at full extension. The spring ID will wrap tightly on the drum so that in most applications no fastening method on the drum is required.

- t = Material thickness
- W = Width
- Lo = Length
- In/Ext = Initial extension
- Wo/Ext = Working extension
- Di = Inside diameter (ref)
- Do = Drum diameter
- P = Load Newtons $\pm 10\%$
- A = End configuration centreline hole to end
- B = End configuration hole diameter
- R = End configuration radius
- * = Fatigue Life (Cycles)

Disponibilité sur stock en acier inoxydable (Type 301)

Les ressorts à force constante sont une variété spéciale de ressort de traction. Ils consistent en une bande d'acier spiralée avec une courbure afin que chaque tour de la bande s'enroule fermement autour de sa voisine. Lorsque la bande est allongée (défléctée) la tension inhérente résiste à la charge appliquée, comme dans le cas d'un ressort de traction commun, mais à un taux presque constant (zéro).

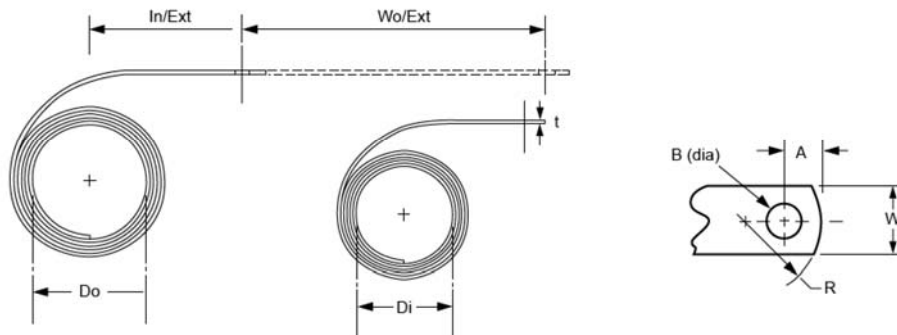
Le ressort à force constante est bien adapté aux longues extensions sans augmentation de la charge. Pendant l'utilisation, le ressort est normalement monté avec son diamètre intérieur enroulé fermement autour d'un arbre et l'extrémité libre attachée à la charge appliquée, comme pour le cas d'un contrebalancier. Néanmoins, cette relation peut être inversée en immobilisant l'extrémité libre et en faisant que le ressort lui-même fournisse l'effort de mouvement, comme dans le cas des balais en carbone.

Nota

Assurez vous de prévoir au moins un tour et demi du ressort sur l'arbre en extension maximum. Le diamètre intérieur du ressort s'enroulera fermement sur l'arbre afin, pour la majorité des applications, qu'aucune méthode de fixation sur l'arbre ne soit nécessaire.

- t = Epaisseur du matériau
- W = Largeur
- Lo = Longueur
- In/Ext = Extension initiale
- Wo/Ext = Extension en utilisation
- Di = Diamètre intérieur (Pour référence)
- Do = Diamètre de l'arbre
- P = Charge en Newtons $\pm 10\%$
- A = Configuration d'extrémité: Dimension entre l'axe du trou et l'extrémité
- B = Configuration d'extrémité: Diamètre du trou
- R = Configuration d'extrémité: Rayon extrémité
- * = Longévité de fatigue (cycles)

t Thickness mm	W Width mm	Lo Length mm	In/Ext Initial Extension mm	Wo/Ext Working Extension mm	Di Inside Dia mm	Do Drum Dia mm	P Load N $\pm 10\%$	A End Configuration control hole to end mm	B End Configuration hole dia mm	R End Configuration radius mm	Part No.	Price Group
FATIGUE LIFE 4000 CYCLES												
0.10	6.35	381	15.49	305	8.64	10.16	2.22	9.5	3.3	12.7	CF015-0050	BE
0.13	7.87	457	19.05	381	10.67	12.70	3.34	9.5	3.3	12.7	CF018-0075	BE
0.15	9.40	559	23.37	457	12.95	15.75	4.98	9.5	3.3	12.7	CF022-0112	BH
0.18	12.70	660	26.92	533	14.99	19.05	7.21	9.5	3.3	12.7	CF026-0162	BF
0.20	14.99	762	30.99	610	17.27	22.10	10.54	9.5	4.7	22.2	CF030-0237	BJ
0.25	17.27	864	38.86	686	21.59	25.40	15.57	9.5	4.7	22.2	CF034-0350	BG
0.30	20.57	965	46.74	762	25.91	31.75	22.24	9.5	4.7	22.2	CF038-0500	BK
0.36	25.40	1092	54.36	838	30.23	38.10	31.14	9.5	4.7	22.2	CF043-0700	BH
FATIGUE LIFE 40,000 CYCLES												
0.15	9.40	533	51.56	305	28.70	34.54	1.11	9.5	3.3	12.7	CF021-0025	BK
0.18	12.70	635	59.94	381	33.27	40.13	1.65	9.5	3.3	12.7	CF025-0037	BM
0.20	14.99	762	69.09	457	38.35	45.97	2.22	9.5	4.7	22.2	CF030-0050	BL
0.25	17.27	914	85.85	533	47.75	57.40	3.34	9.5	4.7	22.2	CF036-0075	BQ
0.30	20.57	1067	103.40	610	57.40	68.83	4.98	9.5	4.7	22.2	CF042-0112	BQ
0.36	25.40	1219	120.40	686	66.80	80.26	7.21	9.5	4.7	22.2	CF048-0162	BS



Roda dentada



Spur Gears 0.8MOD - 20° p.a.

in moulded Delrin[®] 500 to gear up to AGMA 7

<p>Intermediate sizes & Spacing to drawing (tooling charge may apply)</p>	
<p>All dimensions in mm</p>	
<p>Standard tolerances, unless otherwise stated ± 0.05 mm. Bore tolerance $+0.00 / -0.04$</p>	

Code	No. of T h	Pitch Ø B	Bore Ø H9	Hub/Boss Ø D	Outside Ø A	O/A Width F	Face Width G
DS	12	9.6	3	6	2	9	4
DS	15	12	3	6	6	9	4
DS	16	8	4	8	4	9	4
DS	18	4	4	8	16	9	4
DS	20	16	5	10	6	9	4
DS	24	2	5	10		9	4
DS	25	20	5	10	6	9	4
DS	28	4	5	10	24	9	4
DS	30	24	6	12	6	9	4
DS	32	6	6	12	2	9	4
DS	35	28	6	12	6	9	4
DS	36	8	6	12	4	9	4
DS	40	32	6	12	6	9	4
DS	45	36	6	12	6	9	4
DS	48	4	6	5	40	10	4
DS	50	40	6	5	6	10	4
DS	56	8	6	5	4	10	4
DS	60	48	6	5	6	10	4
DS	64	2	6	5	8	10	4
DS	70	56	6	5	6	10	4
DS	72	6	6	5	2	10	4
DS	80	64	6	5	6	10	4

LCD

[illegible]

Bomba de carga MAX 660

19-3293; Rev. 2; 9/96

MAXIM

CMOS Monolithic Voltage Converter

MAX660

General Description

The MAX660 monolithic, charge-pump voltage inverter converts a +1.5V to +5.5V input to a corresponding -1.5V to -5.5V output. Using only two low-cost capacitors, the charge pump's 100mA output replaces switching regulators, eliminating inductors and their associated cost, size, and EMI. Greater than 90% efficiency over most of its load-current range combined with a typical operating current of only 120µA provides ideal performance for both battery-powered and board-level voltage conversion applications. The MAX660 can also double the output voltage of an input power supply or battery, providing +9.35V at 100mA from a +5V input.

A frequency control (FC) pin selects either 10kHz typ or 80kHz typ (40kHz min) operation to optimize capacitor size and quiescent current. The oscillator frequency can also be adjusted with an external capacitor or driven with an external clock. The MAX660 is a pin-compatible, high-current upgrade of the ICL7660.

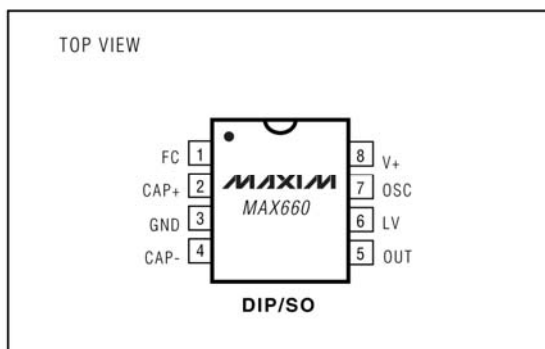
The MAX660 is available in both 8-pin DIP and small-outline packages in commercial, extended, and military temperature ranges.

For 50mA applications, consider the MAX860/MAX861 pin-compatible devices (also available in ultra-small µMAX packages).

Applications

Laptop Computers
Medical Instruments
Interface Power Supplies
Hand-Held Instruments
Operational-Amplifier Power Supplies

Pin Configuration



Features

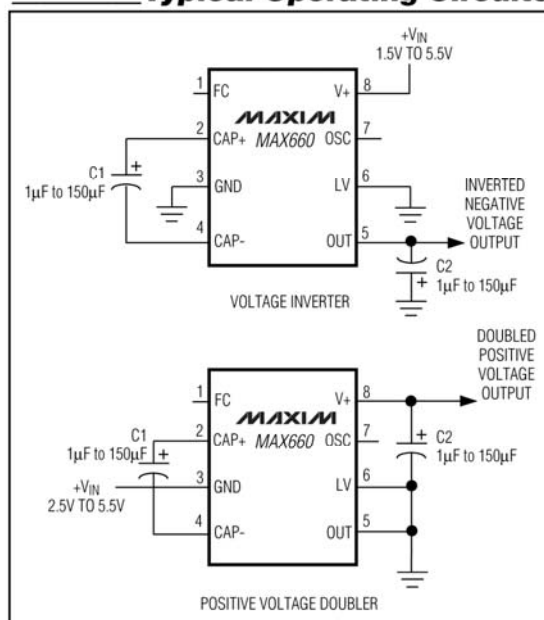
- ♦ Small Capacitors
- ♦ 0.65V Typ Loss at 100mA Load
- ♦ Low 120µA Operating Current
- ♦ 6.5Ω Typ Output Impedance
- ♦ Guaranteed $R_{OUT} < 15\Omega$ for $C1 = C2 = 10\mu F$
- ♦ Pin-Compatible High-Current ICL7660 Upgrade
- ♦ Inverts or Doubles Input Supply Voltage
- ♦ Selectable Oscillator Frequency: 10kHz/80kHz
- ♦ 88% Typ Conversion Efficiency at 100mA (I_L to GND)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX660CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX660CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX660C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX660EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX660ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX660MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

*Contact factory for dice specifications.

Typical Operating Circuits



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For free samples & the latest literature: <http://www.maxim-ic.com>, or phone 1-800-998-8800

Regulador de tensão MAX 667

19-3894; Rev 3; 10/94

MAXIM +5V/Programmable Low-Dropout Voltage Regulator

MAX667

General Description

The MAX667 low-dropout, positive, linear voltage regulator supplies up to 250mA of output current. With no load, it has a typical quiescent current of 20µA. At 200mA of output current, the input/output voltage differential is typically 150mV. Other features include a low-voltage detector to indicate power failure, as well as early-warning and low-dropout detectors to indicate an imminent loss of output voltage regulation. A shutdown control disables the output and puts the circuit into a low quiescent-current mode.

The MAX667 employs Dual Mode™ operation. One mode uses internally trimmed feedback resistors to produce +5V. In the other mode, the output may be varied from +1.3V to +16V by connecting two external resistors.

The MAX667 is a pin-compatible upgrade to the MAX666 in most applications where the input voltages are above +3.5V. Choose the MAX667 when high output currents and/or low dropout voltages are desired, as well as for improved performance at higher temperatures.

Applications

Battery-Powered Devices
Pagers and Radio Control Receivers
Portable Instruments
Solar-Powered Instruments

Features

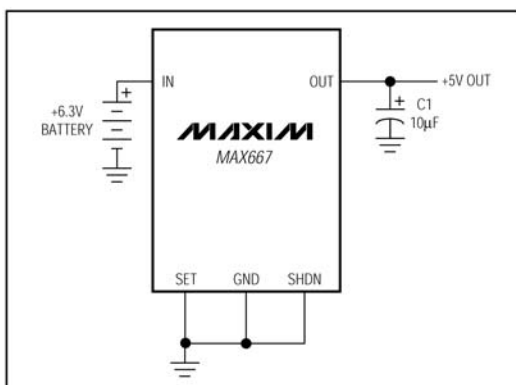
- ♦ 350mV Max Dropout at 200mA
- ♦ 250mA Output Current
- ♦ Normal Mode: 20µA Typ Quiescent Current
Shutdown Mode: 0.2µA Typ Quiescent Current
- ♦ Low-Battery Detector
- ♦ Fixed +5V (Min Component Count) or Adjustable Output
- ♦ +3.5V to +16.5V Input
- ♦ Dropout Detector Output
- ♦ 10µF Output Capacitor

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX667CPA	0°C to +70°C	8 Plastic DIP
MAX667CSA	0°C to +70°C	8 SO
MAX667C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX667EPA	-40°C to +85°C	8 Plastic DIP
MAX667ESA	-40°C to +85°C	8 SO
MAX667MJA	-55°C to +125°C	8 CERDIP

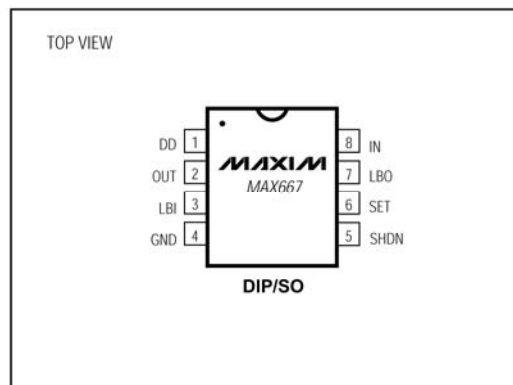
* Contact factory for dice specifications.

Typical Operating Circuit



™ Dual Mode is a trademark of Maxim Integrated Products.

Pin Configuration



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

Microcontrolador PIC 18F2431



28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with nanoWatt Technology, High Performance PWM and A/D

14-bit Power Control PWM Module:

- Up to 4 channels with complementary outputs
- Edge- or center-aligned operation
- Flexible dead-band generator
- Hardware fault protection inputs
- Simultaneous update of duty cycle and period:
 - Flexible special event trigger output

Motion Feedback Module:

- Three independent input capture channels:
 - Flexible operating modes for period and pulse width measurement
 - Special Hall Sensor interface module
 - Special event trigger output to other modules
- Quadrature Encoder Interface:
 - 2 phase inputs and one index input from encoder
 - High and low position tracking with direction status and change of direction interrupt
 - Velocity measurement

High-Speed, 200 Ksps 10-bit A/D Converter:

- Up to 9 channels
- Simultaneous two-channel sampling
- Sequential sampling: 1, 2 or 4 selected channels
- Auto-conversion capability
- 4-word FIFO with selectable interrupt frequency
- Selectable external conversion triggers
- Programmable acquisition time

Flexible Oscillator Structure:

- Four crystal modes up to 40 MHz
- Two external clock modes up to 40 MHz
- Internal oscillator block:
 - 8 user selectable frequencies: 31 kHz to 8 MHz
 - OSCUNE can compensate for frequency drift
- Secondary oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown of device if clock fails

Power-Managed Modes:

- Run CPU on, peripherals on
- Idle CPU off, peripherals on
- Sleep CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep current down to 0.1 μ A typical
- Timer1 oscillator, 1.8 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer (WDT), 2.1 μ A typical
- Two-Speed oscillator start-up

Peripheral Highlights:

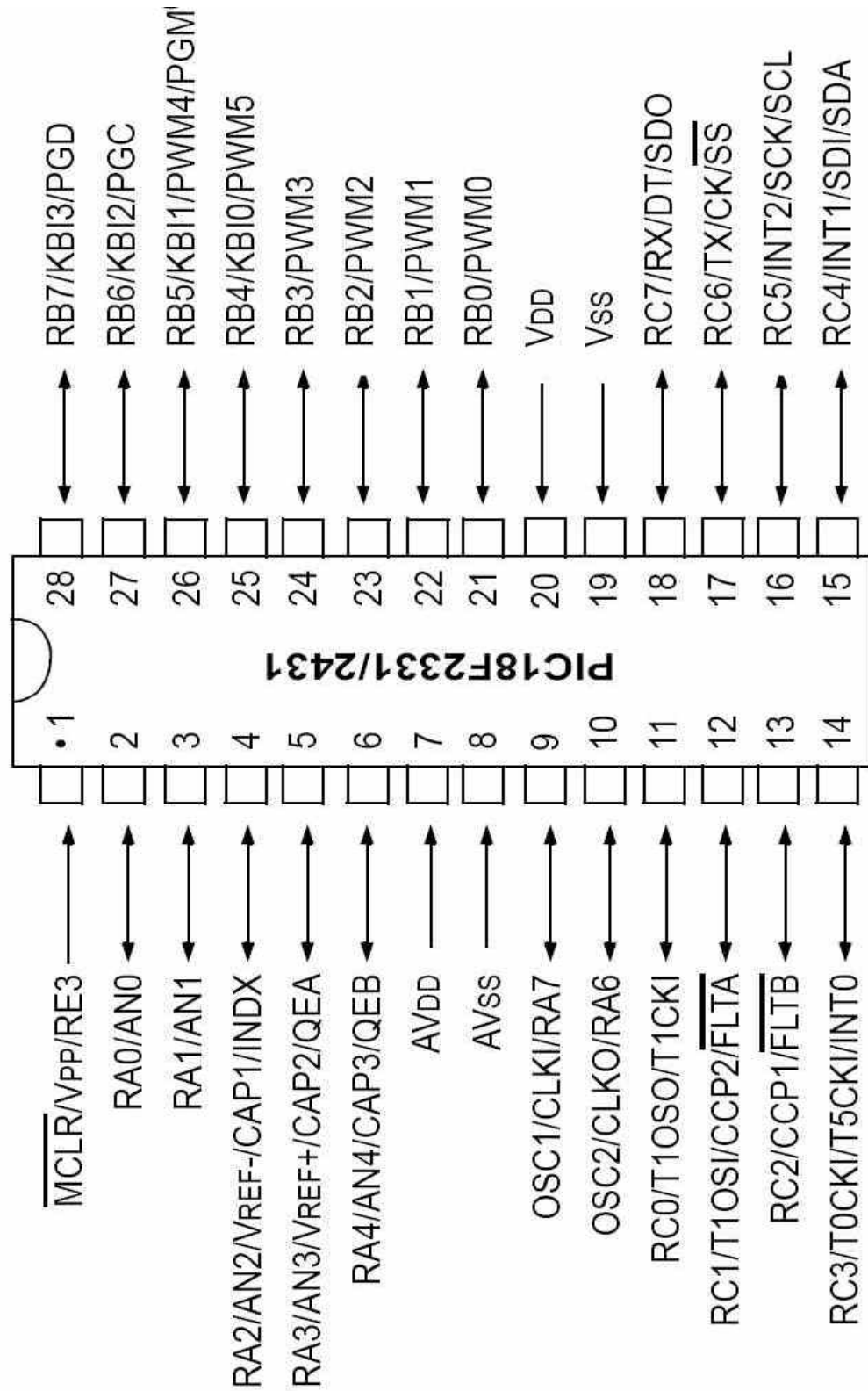
- High current sink/source 25 mA/25 mA
- Three external interrupts
- Two Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 8.25 ns ($T_{CY}/16$)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 100 ns (T_{CY})
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10 bits
- Enhanced USART module:
 - Supports RS-485, RS-232 and LIN 1.2
 - Auto-Wake-up on Start bit
 - Auto-Baud detect
- RS-232 operation using internal oscillator block (no external crystal required)

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle data EEPROM memory typical
- Flash/data EEPROM retention: 100 years
- Self-programmable under software control
- Priority levels for interrupts
- 8 X 8 Single-cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Single-supply In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
 - Drives PWM outputs safely when debugging

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	CCP	SSP		EUSART	Quadrature Encoder	14-bit PWM (ch)	Timers 8/16-bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				SPI	Slave I ² C™				
PIC18F2331	8192	4096	768	256	24	5	2	Y	Y	Y	Y	6	1/3
PIC18F2431	16384	8192	768	256	24	5	2	Y	Y	Y	Y	6	1/3
PIC18F4331	8192	4096	768	256	36	9	2	Y	Y	Y	Y	8	1/3
PIC18F4431	16384	8192	768	256	36	9	2	Y	Y	Y	Y	8	1/3

28-Pin SDIP, SOIC



Encoder

Theory of Operation

The AEDS-96EX is a C-shaped emitter/detector module. Coupled with a codewheel/codestrip, it translates rotary motion into a two-channel analog output.

The module contains a single Light Emitting Diode (LED) as its light source. The light is collimated into a parallel beam by means of a single lens located directly over the LED. Opposite the emitter is the integrated detector circuit. This IC consists of multiple sets of photodetectors and the signal processing circuitry necessary to produce the analog waveforms.

The codewheel/codestrip moves between the emitter and detector, causing the light beam to be interrupted by the pattern of spaces and bars on the codewheel/codestrip.

The photodiodes, which detect these interruptions, are arranged in a pattern that corresponds to the radius and count density of the codewheel/codestrip.

These detectors are also spaced such that a light period on one pair of detectors corresponds to a dark period on the adjacent pairs of detectors. The photodiode outputs are fed through the signal processing circuitry, which produce the final outputs for Channel A and Channel B. Due to this integrated phasing technique, the analog output of Channel A is in quadrature with Channel B (90 degrees out of phase).

Definitions

Count (N): The number of bar and window pairs or counts per revolution (CPR) of the codewheel. Or the number of lines per inch of the codestrip (LPI)

1 shaft Rotation = 360 degrees = N cycles

1 cycle (c) = 360 electrical degree, equivalent to 1 bar and window pair.

Direction of Rotation: When the codewheel rotates in the counter-clockwise direction (as viewed from the encoder end of the motor), channel A will lead channel B. If the codewheel rotates in the clockwise direction, channel B will lead channel A.

Line Density: The number of window and bar pair per unit length, express in either lines per inch (LPI) or lines per mm (LPmm)

Optical Radius (Rop): The distance from the codewheel's center of rotation to the optical center (O.C) of the encoder module.

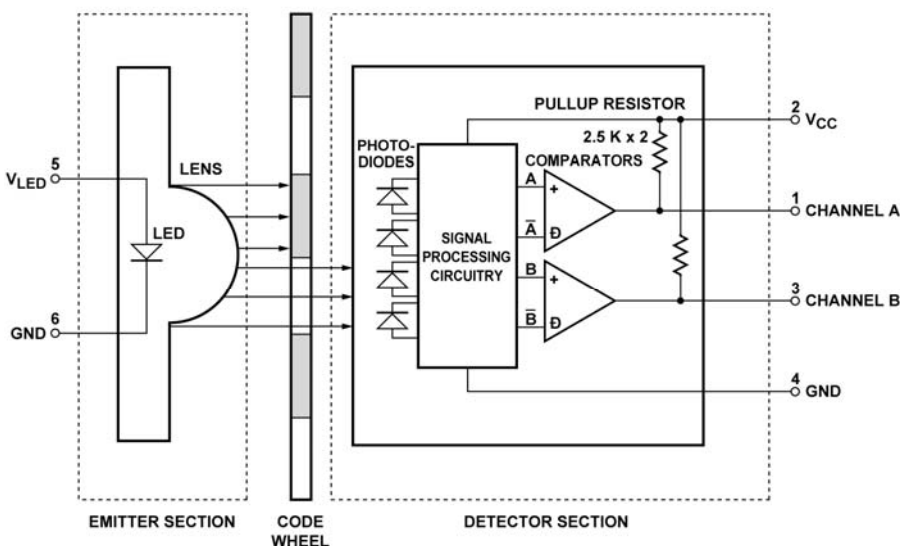
Gap (G): The distance from surface of the encoder to the surface of codewheel or codestrip

Mounting Position (RM): Distance from Motor Shaft center of rotation to center of Alignment Tab receiving hole.

Radial and Tangential Misalignment Error (ER and Er): For rotary motion mechanical displacement in the radial and tangential directions relative to the nominal alignment

Angular Misalignment Error (EA): Angular misalignment of the sensor in relation to then tangential direction. This applies for both rotary and linear motion.of electrical degrees that an output is high during one cycle, nominally 180°e or 1/2 a cycle.

AEDS-96EX Series Block Diagram



Encoding Characteristics

The encoding characteristics stated below are obtained using parallel loading of 100pF capacitor and 100KW resistor

Parameter	Symbol	Mean (a)	Min (b)	Max (b)	Units
State width error	ΔS	6.817		35	$^{\circ}e$
Pulse width error	ΔP	5.421		35	$^{\circ}e$
State X width error	ΔS_x	3.033		25	$^{\circ}e$
Pulse X width error	ΔP_x	3.370		25	$^{\circ}e$
Upper crosspoint voltage	Vx12, Vx34	2.39	1.40	2.60	V
Lower crosspoint voltage	Vx56, Vx78	1.02	0.80	2.30	V
Peak to Peak voltage	VppA VppB	2.13	1.00	3.00	V
Analog offset voltage	Voffset A, Voffset B	-14.52	-150	150	mV
*Average Linearity Error	Δ Linearity	3.93		9.25	%

Notes:

- * Average linearity is the characterized parameter, 2 lines per cycle for each channel for full rotation of the codewheel.
- a. Obtained at typical conditions specified in "Recommended Operating Conditions" and nominal mounting position (Radial, Tangential, Gap) of (0,0, 0)
- b. Obtained over the whole "Recommended Operating Conditions" and "Part Mounting Tolerances"

Derating Characteristics

Derating Table of Vpp and Voffset at 3.15, 3.3 and 3.45 Volts (average of 30 units)

AC Parameter	@3.15 V	@3.3V	@3.45V
VppA (V)	2.100	2.170	2.246
VppB (V)	2.170	2.179	2.252
Voffset A (mV)	-40.89	-7.41	24.62
Voffset B (mV)	-44.33	-10.95	21.55

Note: Obtained at typical conditions specified in "Recommended Operating Conditions" and nominal mounting position (Radial, Tangential, Gap) of (0, 0, 0).

Waveform Definition

